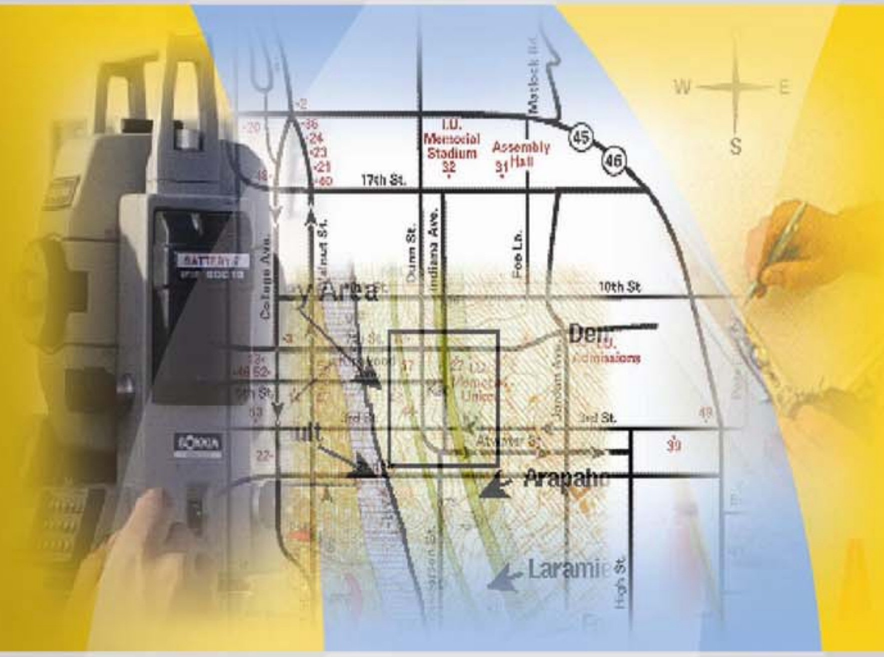
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تخصص المساحة

نظم المعلومات الجغرافية

٢٥٣ مسح

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **نظم المعلومات الجغرافية** " لمتدربي تخصص " **المساحة** " في الكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه؛ إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

تمهيد

لقد أصبح من الضروري أن نطلق على هذا العصر عصر الثورة المعلوماتية وخاصة بعد الزيادة الملحوظة في تدفق المعلومات في المجالات المختلفة كافة ، و نظرا للكم الهائل من المعلومات أصبح من الصعوبة بمكان التعامل معها واستيعابها والاستفادة منها. إلا أن نظم المعلومات الجغرافية توفر طرقاً لتنظيم وتصنيف واختزال المعلومات وتخزن هذه المعلومات في قواعد بيانات يمكن التعامل معها آليا والاستفادة منها دون أن يخل هذا الاختزال والإيجاز والتخزين في دقتها أوصحتها أو دلالتها.

وتهدف حقيبة نظم المعلومات الجغرافية إلى إعطاء متدربي الكلية التقنية، تخصص تقنية المساحة، القدرة على فهم المبادئ الأساسية لعلم نظم المعلومات الجغرافية وكيفية الاستفادة من هذا العلم واستخدام مخرجاته في التطبيقات المختلفة.

وبعون الله وتوفيقه نأمل أن تكون الحقيبة بمثابة مرجع يمكن أن يزود المتدربين بمعلومات ضرورية في هذا المجال. وتحتوي هذه الحقيبة على خمس وحدات وهي كالتالي:

- الوحدة الأولى : مركبات أنظمة المعلومات الجغرافية.
- الوحدة الثانية: البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية وأنواعها.
- الوحدة الثالثة : بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية.
- الوحدة الرابعة : وظائف نظم المعلومات الجغرافية.
- الوحدة الخامسة: مصادر المعلومات نظم المعلومات الجغرافية.

ولقد زودت الحقيبة في آخرها بعدد من المراجع التي استقيت منها المعلومات والأفكار، كما تم سرد بعض المواقع على الإنترنت لمزيد من المعلومات عن هذا العلم وتطوراته.

وفي الأخير نرجو من الله العلي القدير أن يسدد خطانا وأن يجعل في هذه الحقيبة النفع الكثير ونأمل أن نكون قد وفقنا في إعدادها وقدمنا ما يفيد المتدربين والعاملين في مجال المساحة.

مركبات أنظمة المعلومات الجغرافية

مركبات أنظمة المعلومات الجغرافية

الجدارة:

القدرة على معرفة أسس ومبادئ نظم المعلومات الجغرافية.

الأهداف:

بنهاية هذه الوحدة سيكون المتدرب بإذن اللّه قادراً على أن:

١- يتعرف على مفهوم نظم المعلومات الجغرافية وتعريفاته والأسس التي يقوم عليها هذا العلم.

٢- يتعرف المركبات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية.

٣- يتعرف على بعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية.

متطلبات الجدارة:

يجب أن يكون لدى المتدرب القدرة على استخدام الحاسب الآلي.

مستوى الأداء:

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ في معرفة أسس ومبادئ نظم المعلومات الجغرافية.

الوسائل المساعدة:

١- جهاز الحاسب الآلي لغرض عرض الأمثلة والبرامج والمعلومات.

مركبات أنظمة المعلومات الجغرافية

١- ١ المقدمة:

مرت البشرية بمراحل تطور من الزمن القديم إلى يومنا هذا، وكل مرحلة دعت الحاجة في وقتها إلى تشكلها، ويمكن أن نلخص هذه المراحل في أربع مراحل واضحة نذكرها بإيجاز:

مرحلة الصيد: حيث كان الإنسان في هذه المرحلة يسعى إلى كيفية سد رمق الجوع ولذلك طور وسائل الصيد البسيطة حسب قدراته في ذلك الوقت.

مرحلة الزراعة: كان اهتمام الإنسان في هذه المرحلة أيضاً هو تأمين غذائه وغذاء الحيوانات الداجنة بطريقة مستقرة وهذا أدى إلى تطور وسائل الزراعة و معرفة الأوقات المناسبة لكل محصول.

مرحلة الصناعة: وهي مرحلة متقدمة ومتداخلة مع مرحلة الزراعة أدت إلى تطور ورفاهية الإنسان حيث ابتكر الأدوات والمعدات التي سهلت الحياة مثل (القطارات، والطائرات، والاتصالات، والكهرباء، والحاسب الآلي، وغيرها....).

مرحلة المعلومات: تمر البشرية حالياً بثورة تقنية جارفة، ولعل من أهم ملامح هذه الثورة هو كم المعلومات الهائل والمتراكم، والذي يتدفق بغزارة من كل صوب وحدب، وتستمد مفردات هذا الكم الهائل من الموجودات الطبيعية والبشرية على سطح الأرض وما يتولد من تفاعلها.

و هذه المعلومات منها ما هو طبيعي ومنها ما هو بشري، ومنها ما يتعلق بالموارد والمصادر على تنوعها. فالطبيعي منها يستمد معلوماته من الطبيعة نفسها ومن أمثلة ذلك (تضاريس الأرض وأعماق البحار والمحيطات وأشكال الأنهار وبطون الأودية ومجاري السيول، وخصائص التربة وأنواعها وطبيعتها، وأنواع أشجار الغابات، وغيرها ...). أما المعلومات البشرية فتتعلق بالسكان وخواصهم والمعلومات الاقتصادية والاجتماعية، و طرق المواصلات و خطوط الكهرباء.

وسوف تصنف الشعوب والأمم في المستقبل حسب نوعية وكمية المعلومات والبيانات التي تمتلكها، ومدى ما تولده من معرفة يمكن أن تبدع حضارة وتصنع رقياً وتقدماً يغزو آفاق العالم الواسعة بالمنتجات الأنفع والأقوى والأرخص سعراً في آن واحد.

١- ٢ نظم المعلومات الجغرافية مقارنة مع نظم المعلومات الأخرى:

نظراً للكم الهائل من المعلومات أصبح من الصعوبة بمكان التعامل معها واستيعابها والاستفادة منها. إلا إذا نظمت وصنفت وفهرست وجردت واختزلت رقمياً وخزنت في قواعد بيانات يمكن التعامل معها آليا والاستفادة منها دون أن يخل هذا الاختزال والإيجاز والتخزين في دقتها وصحتها أو دلالتها. فدعت الحاجة إلى ابتكار طرق ونظم لتخزين هذه المعلومات وإدارتها، فظهرت أنواع كثيرة من نظم إدارة المعلومات، منها على سبيل المثال لا الحصر نظم إدارة المعلومات (Management Information System = MIS) أو قواعد البيانات (Data Base)، و نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information System = GIS) و أنظمة الرسم بالحاسب الآلي (**C**omputer **A**ided **D**esign = CAD).

فأنظمة إدارة المعلومات مثل قواعد المعلومات للمرضى داخل أي مستشفى، حيث تحتوي هذه القواعد على معلومات عن المرضى من اسم المريض وعنوانه ورقم هاتفه وتاريخه المرضي وغيرها من المعلومات الضرورية التي تساعد الطبيب في تشخيص حالة المريض، وأقرب مثال على برامج تخزين المعلومات هو (Oracle® Database, Microsoft Access Database)

أما أنظمة المعلومات الجغرافية فالبعض ينظر إليها بالمفهوم اللفظي فقط ويعتقد أنها نظم تهتم بالعلوم الجغرافية فقط دون غيرها والبعض الآخر لا يستطيع تحديد الفارق بينها وبين ما يسمى نظم إدارة المعلومات (قواعد البيانات) المستخدمة في الشركات والبنوك ومكاتب السفر والسياحة (مثل أسماء العملاء و عناوينهم، وأسماء الموظفين ومرتباتهم).
والفرق بين نظم إدارة المعلومات (MIS) أو قواعد البيانات (Data Base) ونظم المعلومات الجغرافية بصورة مبسطة هو أن قواعد البيانات يتم من خلالها تخزين وتبادل المعلومات بين فروع الشركات والبنوك من حيث النوع والكم دون توفر إمكانية ربط المعلومات مع موقعها الحقيقي على سطح الكرة الأرضية. بينما نظم المعلومات الجغرافية تتيح عملية ربط المعلومات مكانياً،مع توفر إمكانية التحليل المكاني للمعلومات.

وعليه نرى أنه قد يكون من الأحرى أن نستخدم في اللغة العربية مصطلح نظم المعلومات المكانية (Spatial Information System = SIS) أو نظم المعلومات الأرضية (Land Information System = LIS) بدلاً عن مصطلح نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information System = GIS) وذلك لتوضيح المقصود من استخدام الصفة للمعلومات بكلمة "الجغرافية" وهو المرادف تماماً في هذه الحالة لكلمتي "المكانية" أو "الأرضية" أي المعلومات ذات الموقع المكاني على النظام الإحداثي الحقيقي على سطح الكرة الأرضية دون ضرورة التقيد بنوع المعلومات، فقد تكون جغرافية أو تخطيطية أو هندسية أو جيولوجية أو مساحية أو بيئية أو إحصائية ... إلى آخره من أنواع المعلومات التي تحتاج إلى عملية ربطها بموقعها الحقيقي.

وهناك أيضاً من يخلط بين أنظمة الرسم بالحاسب الآلي (CAD) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) والفرق هنا واضح بحيث إن أنظمة الـ CAD (مثل برنامج AutoCAD, Micro Station) لها قدرة عالية في رسم و تصميم المخططات سوءاً أكانت من بعدين 2D أم منظور ثلاثي الأبعاد 3D ولكن ليس هناك القدرة الكافية لربط هذه المعلومات المكانية بمعلومات وصفية أو حتى قدرة تحليلية للمعلومات الوصفية والمكانية، و لكن أنظمة الـ CAD تعد وسيلة مهمة لإدخال وإعداد الرسومات لأنظمة الـ GIS.

كما قد يخلط البعض بين الخرائط الرقمية أو التقليدية (Digital Maps) وأنظمة المعلومات الجغرافية GIS، فيمكن تعريف الخرائط بأنها طريقة للتمييز والتمثيل الجغرافي وتمثيل جغرافي لأي معلم على الأرض وعلاقته بالمعالم،الأخرى ويكون هذا التمثيل إما بنقطة أو خط أو مساحة،والخريطة طريقة لتبسيط العالم الحقيقي،وهذا يعني افتقار الخرائط إلى قواعد المعلومات الوصفية المصاحبة للمعالم المرسومة أو الممثلة على الخريطة.

ويمكن تلخيص أهم الفروق بين أنظمة إدارة المعلومات (Management Information System = MIS) أو قواعد البيانات (Data Base)، و نظم المعلومات الجغرافية (Geographical Information System = GIS) و أنظمة الرسم بالحاسب الآلي (= **C**omputer **A**ided **D**esign CAD) والخرائط في (الجدول ١- ١):

جدول (١- ١): نظم المعلومات الجغرافية والنظم الأخرى.

الخاصية	نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information (System (GIS	نظم إدارة المعلومات Management Information System (MIS)	الخرائط Maps	أنظمة معالجة الصور Image Processing (IP)	أنظمة الرسم بالحاسب الآلي Computer Aided Design (CAD)
موجود منذ زمن	=	✓	✓	=	=
يهتم بالموقع المكاني للمعالم.	✓	✗	✓	✓	✓
يهتم بالمعلومة الوصفية والبيانات العامة	✓	✓	✗	✗	=
قوة تحليلية مكانية عالية Topology	✓	✗	✗	✗	=
قدرة عالية على عمليات الرسم والتحرير	=	✗	✗	✗	✓
ربط المعالم بالمرجع الجيوديسي الوطني أو العالمي	✓	✗	✓	✓	=
قدرة على التعامل مع المعلومات الخطية Vector Data	✓	✗	✓	=	✓
قدرة على التعامل مع المعلومات المساحية Raster Data	=	✗	✓	✓	✗
تخزين المعلومات في طبقات Layers	✓	✗	=	✓	✓
مثال لأحد البرامج الموجودة حاليا	ESRI – ®ArcGIS	Oracle® DB	®Atlas	®ERDAS	®AutoCAD

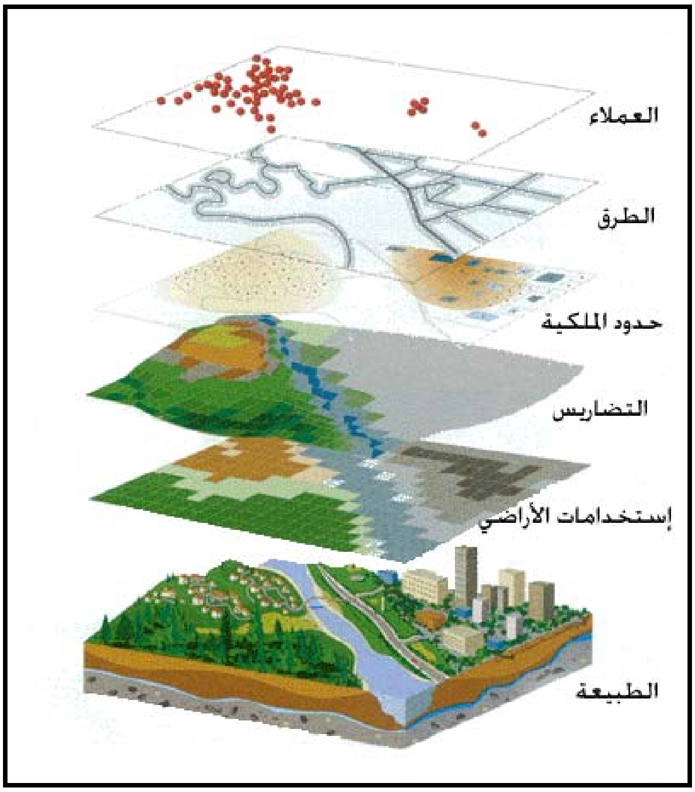
المفتاح: ✓ = نعم ✗ = لا = = متوسط

١- ٣ مفهوم نظم المعلومات الجغرافية:

إن المفهوم الأساسي لنظم المعلومات الجغرافية هو الوصول إلى الحلول والقرارات السديدة المبنية على معالجة وتحليل المعطيات والمعلومات مختلفة الأنواع بعد ربطها بموقعها الجغرافي، بحيث تتميز أنظمة المعلومات الجغرافية عن باقي أنظمة المعلومات بقوة تحليلها للمعلومات المرتبطة بموقعها الجغرافي الصحيح والعلاقات المكانية بين المعلومات.

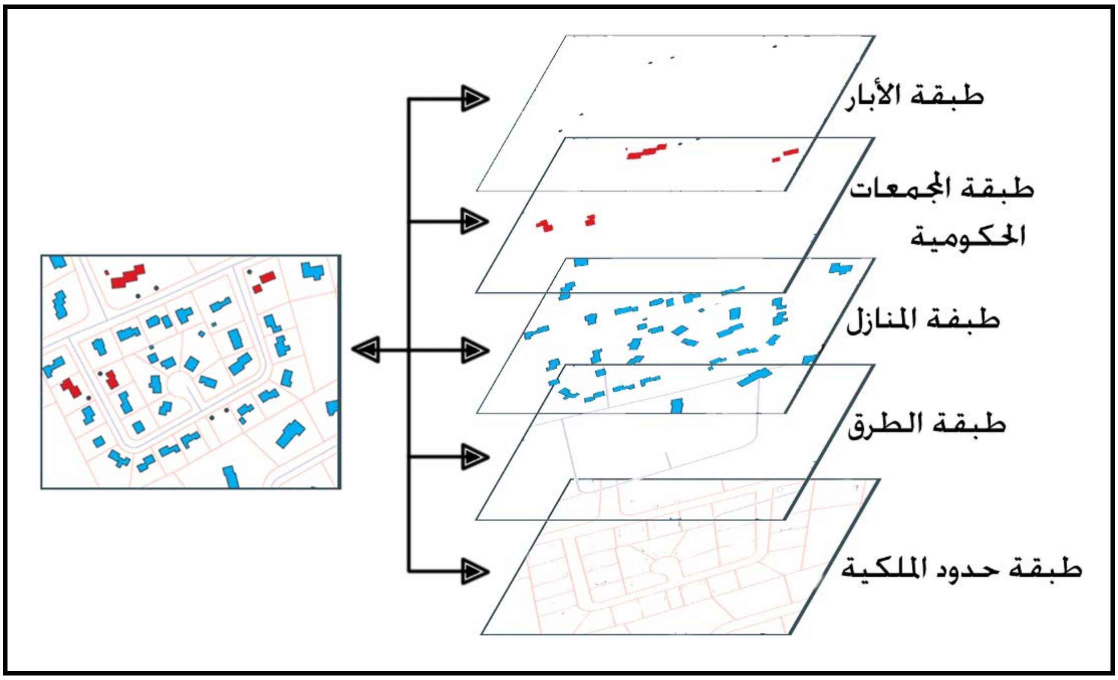
حيث تبرز قوة التحليل في أنظمة المعلومات الجغرافية في تخزين البيانات في أكثر من طبقة (Layer) واحدة، وتستخدم بعض البرامج مصطلح (Theme) أي: موضوع بدلاً عن طبقة، وكذلك تسمى مستوى (Level) وغطاء (Coverage)، ولكن سوف نستخدم المسمى الأكثر انتشار وهو: طبقة. بحيث تكون كل طبقة تحتوي على معالم لها التصنيف نفسه، وذلك للتغلب على المشاكل التقنية الناجمة عن معالجة كميات كبيرة من المعلومات دفعة واحدة، حيث تعطي قدرة تحليلية أفضل. وذلك لأن

التغلب على مشكلة في طبقة الطرق، مثلاً، أفضل من معالجتها في كامل النظام، بالإضافة إلى ربط هذه الطبقات بجداول أو معلومات غير مكانية (Non-spatial) مرتبطة بنفس المعلم، وتعتبر هذه السمة أساسية في نظام المعلومات الجغرافية (شكل ١- ١).



شكل (١- ١): السمة الأساسية في نظم المعلومات الجغرافية وتخزين المعلومات في طبقات.

والمثال على ذلك يتألف مشروع نظام المعلومات الجغرافية لقرية من عدة طبقات، تشمل أولها طبقة حدود ملكية الأراضي الزراعية، وتُمثل هذه الطبقة بمجموعة من المضلعات المغلقة، لأن المضلعات هي الشكل الهندسي الأنسب لتمثيلها، بينما تخصّص الطبقة الثانية لبيوت القرية، والثالثة للمراكز الحكومية كالمدارس والمستشفيات وتُمثل هاتان الطبقتان بمجموعة من المضلعات أيضاً. وتتضمن الطبقة الرابعة الآبار، وتُمثل بمجموعة من النقاط. في حين تضم الطبقة الأخيرة الطرق المارة في تلك القرية وتُمثل بمجموعة من الخطوط (شكل ١- ٢).



شكل (١- ٢): مثال توضيحي على تخزين الطبقات في نظم المعلومات الجغرافية.

و يجمع نظام المعلومات الجغرافية تقنيات من علوم أخرى، حيث ورث عنها بعض وظائفها وخصائصها و تعد من مساعدات هذا النظام، و تساهم هذه العلوم في رفع كفاءة هذا النظام وتوفير المعلومات والتقنيات الضرورية. (الشكل ١- ٣)



شكل (١- ٣): العلاقة بين نظم المعلومات الجغرافية والعلوم الأخرى.

١- ٤ تعريفات نظم المعلومات الجغرافية:

تتضارب المفاهيم والتفسيرات حول الأبعاد والمحاور التعريفية لنظم المعلومات الجغرافية، وذلك باختلاف المجالات والعلوم التطبيقية، التي يمكن أن يكون لها علاقة وظيفية أو تطبيقية مع تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية. وأيضا لاختلاف وجهات النظر حول تحديد وتصنيف الأهداف التطبيقية.

حيث إن البعض يعتقد أن سر أهمية نظم المعلومات الجغرافية يكمن في الإمكانات الإلكترونية للبرامج ومكونات الحاسب الآلي، والبعض الآخر يرى ذلك في البراعة التي تم الوصل إليها في أساليب معالجة البيانات،لذا فإن هناك تعاريف كثيرة، لكن نذكر بعضاً منها والتي تعد من تعريفات نظم المعلومات الجغرافية المشهورة و المتداولة عالمياً:

تعريف "دويكر" DUEKER 1979 :

نظم المعلومات الجغرافية هي حالة خاصة من نظم المعلومات والتي تحتوي على قواعد معلومات تعتمد على دراسة التوزيع المكاني للظاهرات والنشاطات والأهداف التي يمكن تحديدها في المحيط المكاني كالنقط أو الخطوط أو المساحات، حيث يقوم نظام المعلومات الجغرافي بمعالجة المعلومات المرتبطة بتلك النقط أو الخطوط أو المساحات لجعل البيانات جاهزة لاسترجاعها لإجراء تحليلها أو الاستفسار عن بيانات من خلالها.

تعريف "سميث" SMITH 1987 :

نظام المعلومات الجغرافي هو نظام قاعدة المعلومات، والذي يحتوي على معلومات مكانية مرتبة بالإضافة إلى احتوائه على مجموعة من العمليات التي تقوم بالإجابة عن استفسارات حول ظاهرة مكانية من قواعد المعلومات.

تعريف "باركر"PARKER 1988 :

نظم المعلومات الجغرافية هو نظام تكنولوجي للمعلومات، والذي يقوم بتخزين وتحليل وعرض كل المعلومات المكانية وغير المكانية.

تعريف "ديفن و فيلد" DEVINE & FIELD 1986:

نظم المعلومات الجغرافية هي نمط من الـ MIS نظم إدارة المعلومات والتي تتيح عرض خرائط المعلومات عامة.

تعريف " كوين" COWEN 1988:

نظم المعلومات الجغرافية هي نظم دعم القرار وذلك بواسطة دمج المعلومات المكانية لخدمة حل القضايا البيئية.

تعريف "بورو" عام ١٩٨٦م:

نظام المعلومات الجغرافي عبارة عن مجموعة منظمة مرتبة من أجهزة الحاسب الآلي والبرامج والمعلومات الجغرافية والطاقم البشري المدرب صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات الجغرافية المرتبطة بالشبكة الوطنية الجيودسية المترية (المكانية) منها والوصفية.

١-٥ مميزات نظم المعلومات الجغرافية :

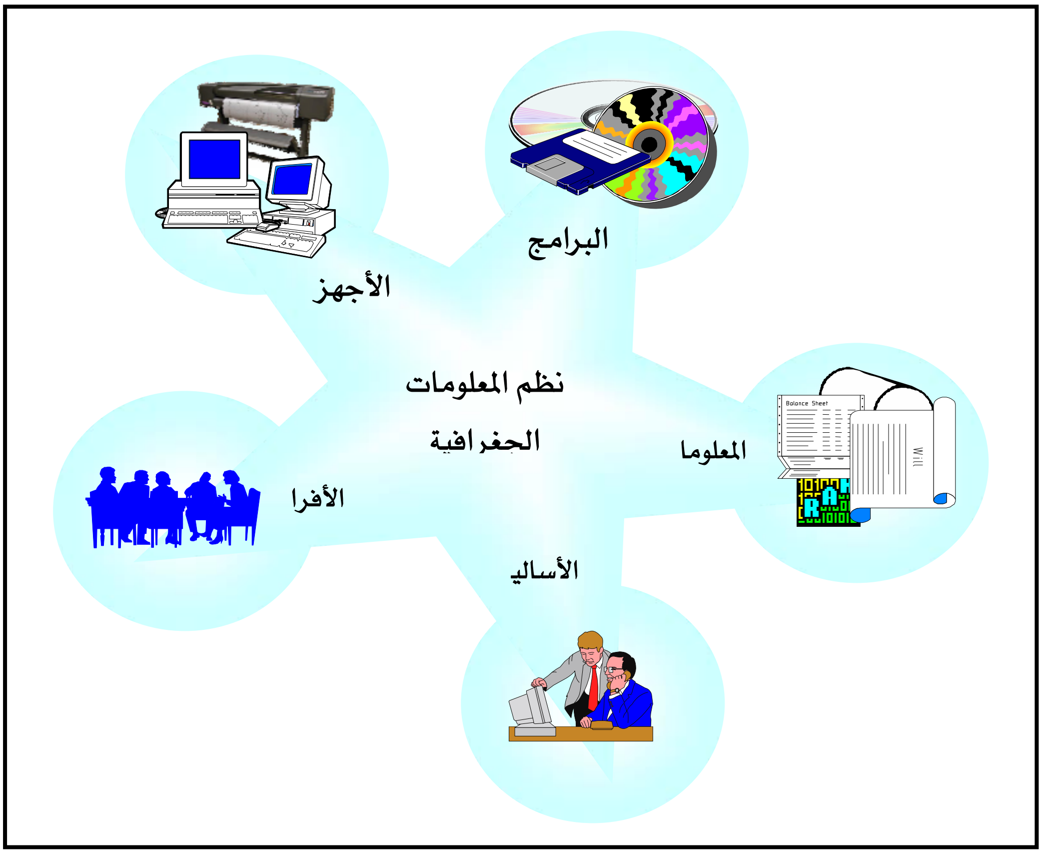
نظم المعلومات الجغرافية لها عدة مميزات ترتبط باستخدامات هذا النظام و المعلومات المدخلة فيه وبالتالي المخرجات، ونذكر هنا بعض هذه المميزات:

- تساعد في تخطيط المشاريع الجديدة والتوسعية.
- تساعد على السرعة في الوصول إلى كمية كبيرة من المعلومات بفاعلية عالية.
- تساعد على اتخاذ أفضل قرار في أسرع وقت.
- تساعد في نشر المعلومات لقاعدة كبيرة من المستفيدين.
- دمج المعلومات المكانية والمعلومات الوصفية في قاعدة معلومات واحدة.
- توثيق وتأكيد البيانات والمعلومات بمواصفات موحدة.
- التنسيق بين المعومات والجهات ذات العلاقة قبل اتخاذ القرار.
- القدرة التحليلية المكانية العالية.
- القدرة على الإجابة عن الاستعلامات والاستفسارات الخاصة بالمكان أو المعلومة الوصفية.
- القدرة على التمثيل المرئي للمعومات المكانية.
- التمثل (محاكاة - Simulation) للاقتراحات الجديدة والمشاريع التخطيطية ودراسة النتائج قبل التطبيق الفعلي على أرض الواقع.

١- ٦ المركبات الأساسية لنظم المعلومات الجغرافية:

يتكون أي نظام معلومات جغرافي من مركبات أساسية، وهذه المركبات يمكن أن نستنتجها من تعريف "بورو" الذي نصه: "نظام المعلومات الجغرافي عبارة عن مجموعة منظمة ومرتبة من أجهزة الحاسب الآلي، والبرامج، والمعلومات الجغرافية، والطاقم البشري المدرب، صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات الجغرافية المرتبطة بالشبكة الوطنية الجيودسية المترية المكانية منها والوصفية". و بتلخيص التعريف السابق يتضح لنا أن المركبات الأساسية هي (شكل ١- ٤):

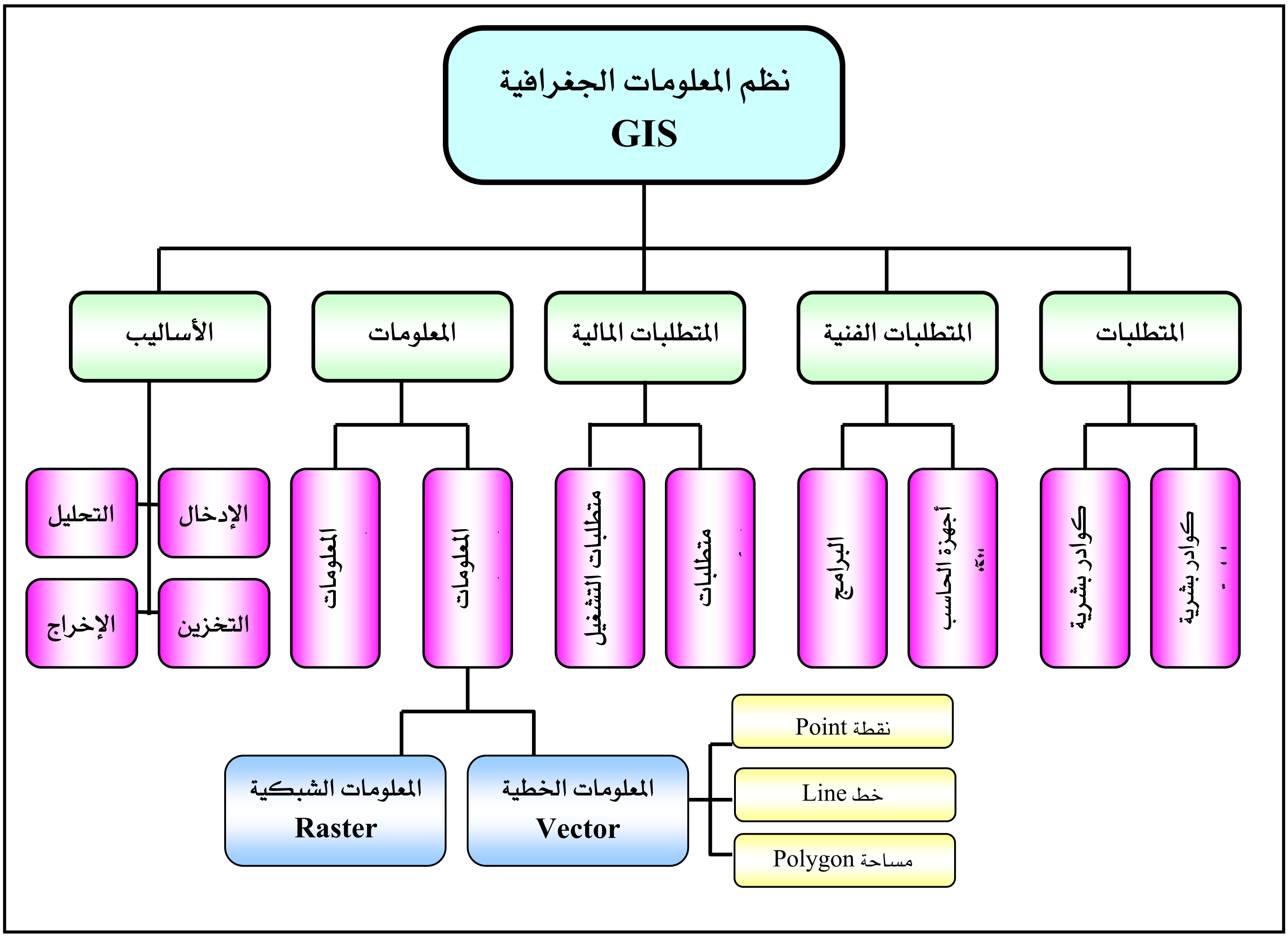
١) أجهزة الحاسب الآلي (Hardware).
٢) برامج الحاسب الآلي (Software).
٣) المعلومات (Data).
٤) الطاقم البشري المدرب (People – Human Resources).
٥) أساليب التشغيل – الإدارة (Method and operating practices).



شكل (١- ٤): مركبات نظم المعلومات الجغرافية.

ويمكن صياغة مكونات أنظمة المعلومات الجغرافية بصياغة أخرى تعتمد على خمسة متطلبات أساسية وهي (شكل ١- ٥):

١) المعلومات (Information).
٢) المتطلبات المادية (Funds).
٣) المتطلبات الفنية (Hardware and Software).
٤) المتطلبات البشرية (People).
٥) أساليب التشغيل (Method).

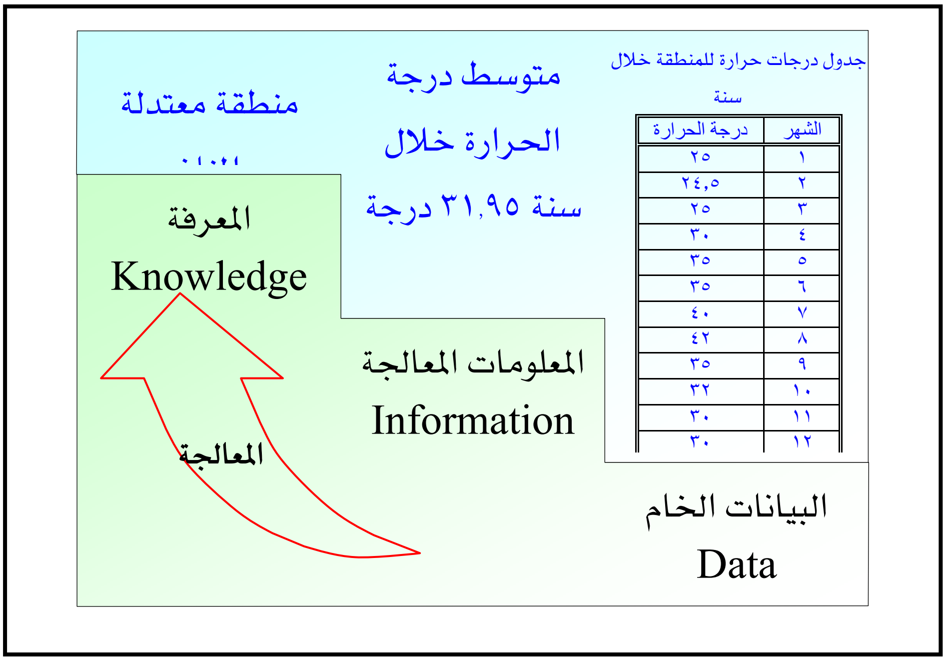


شكل (١- ٥): المتطلبات الأساسية لنظم المعلومات الجغرافية.

ونلحظ أن هناك عنصراً جديداً لم يذكر في تعريف "بورو" وهو المتطلبات المالية، والتي هي من المتطلبات الأساسية لأي مشروع. وسوف نتطرق الآن إلى كل متطلب من المتطلبات السابقة بشيء من التفصيل.

١- ٦- ١ المعلومات (Information):

تستخدم لفظ البيانات (Data) والمعلومات (Information) بشكل تبادلي في كثير من الأحيان، ولكن هناك فرق مهم بينهما تقنياً، فالبيانات هي حقائق أو قياسات للحقائق، وهي بشكلها لا تعطي معنى محددا دون معالجة، أما المعلومات فيمكن اعتبارها المعاني المستنتجة من البيانات، ثم إنَّ هناك المعرفة (Knowledge) وهي تؤخذ من المعلومات المستنتجة. ولتوضيح الفرق بينهما، نفرض أننا أجرينا قياس درجة حرارة لمنطقة ما لمدة سنة، فهذه نسميها بيانات أو حقائق قيست من الواقع، وبمعالجة هذه البيانات مثلاً: حساب المتوسط لها نوجد المعلومة أن متوسط درجة حرارة المنطقة خلال سنة تساوي ٣١,٩٥ درجة مئوية، من هذه المعلومة نستنتج أن المنطقة ذات مناخ معتدل، وهذه هي المعرفة المرجوة من هذه البيانات والمعلومات (شكل ١- ٦)، وخلاصة القول إن: البيانات يتم تجميعها ثم تعالج للحصول على معلومات، ثم تستنتج منها المعرفة، وعلينا اعتبار أي نظام معلومات جغرافي بأنه نظام يتيح استخلاص المعلومات بالاستناد بشكل أساسي على البيانات وسوف نتطرق لمعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية بشيء من التفصيل في الوحدة الثالثة إن شاء الله.

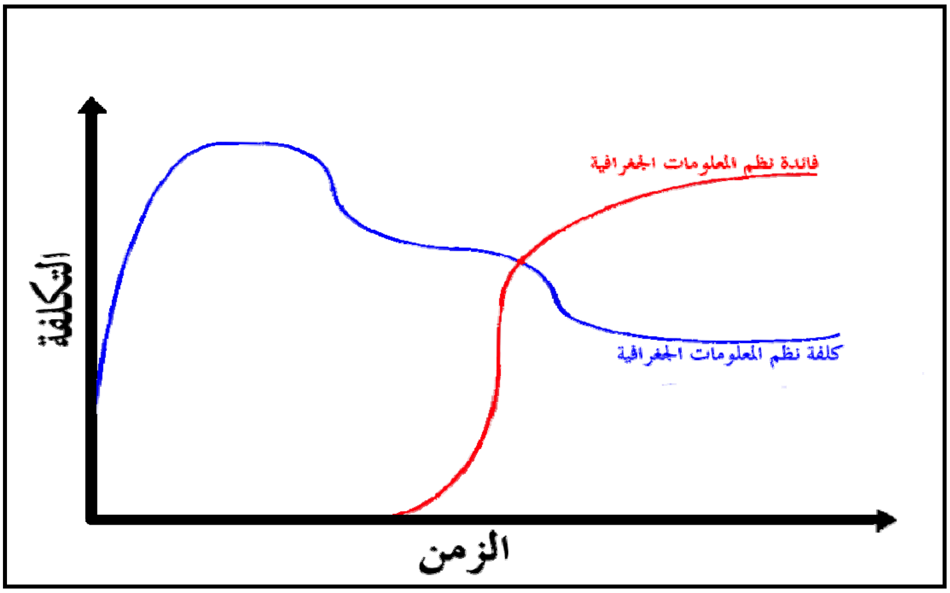


شكل (١- ٦): مثال على المعرفة والمعلومات الناتجة من معالجة البيانات.

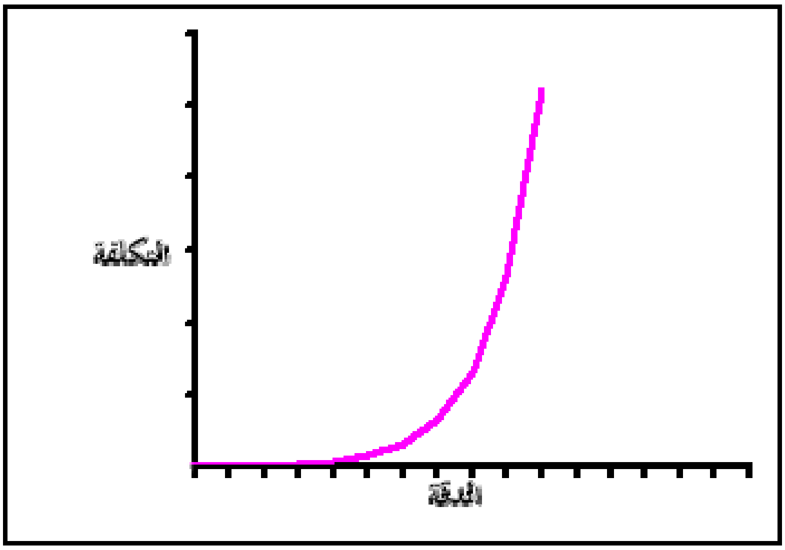
١- ٦- ٢ المتطلبات المالية (Funds):

يُعد ضمان استمرارية الدعم المالي نجاحاً لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية. وأثناء فترة التشغيل والتطبيق يكون الدعم أقل من الدعم المطلوب قبل الشراء حيث إن الصيانة والتطوير تكون تكلفتها بسيطة جداً لكنها مهمة جداً. ولذا فإن المتطلبات المالية لنظم المعلومات الجغرافية يمكن تقسيمها إلى: تكلفة إنشاء وتأسيس وتكلفة تشغيل، وتكلفة إنشاء نظام معلومات جغرافي في البداية عالية مقارنة بالعوائد المادية أو الفوائد المرجوة منه، ولكن فوائد نظم المعلومات الجغرافية مع الوقت تزيد بحيث تغطي تكاليف الإنشاء والتأسيس وتكلفة التشغيل أيضاً (شكل ١- ٧)، وهناك عوامل تؤثر في تكلفة إنشاء نظام معلومات جغرافي متكامل، ويختلف تأثير هذه العوامل في رفع أو خفض تكلفة النظام، وعلى سبيل المثال فإن التكلفة تتضاعف بشكل كبير كلما زادت دقة البيانات المطلوبة (شكل ١- ٨)، ومن أهم العوامل التي تؤثر على تكلفة إنشاء نظام معلومات جغرافي هي:

- الغاية من إنشاء قاعدة المعلومات.
- مستوى الدقة المطلوبة للبيانات.
- المعلومات والبيانات المطلوب جمعها.
- توفر مصادر المعلومات.
- تحويل المعلومات و تخزينها أثناء الجمع.
- الكفاءات البشرية اللازمة لتشغيل هذه الأنظمة.



شكل(١- ٧): فائدة نظم المعلومات الجغرافية مقابل تكلفتها مع الزمن.



شكل(١- ٨): تأثر دقة المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية على تكلفة المشروع الكلي.

١- ٦- ٣ المتطلبات الفنية (Hardware and Software):

عرف بعض المتخصصين بأن نظم المعلومات الجغرافية عبارة عن نظام معتمد على الحاسب الآلي والذي يمكن له أن يتعامل عملياً مع أي نوع من المعلومات التي يمكن ربطها مع الموقع الجغرافي لمعلم نفسه. ومن لهذا التعريف يتضح أن أجهزة الحاسب الآلي و برامج التشغيل هي من أهم عناصر نظم المعلومات الجغرافية، لأن الفكرة الأساسية لنظم المعلومات الجغرافية هي تخزين المعلومات آلياً لسهولة تحليلها وعمل الاستعلامات والاستفسارات عليها وأيضا لتسهيل الوصول إليها. ويمكن أن نقسم المتطلبات الفنية إلى قسمين أساسيين هما: مكونات الحاسب الآلي الحسية أو ما يعرف بالأجهزة (Hardware)، و البرامج (Software) لتسهيل الفهم، وسوف نتطرق إلى كل قسم بشيء من التفصيل.

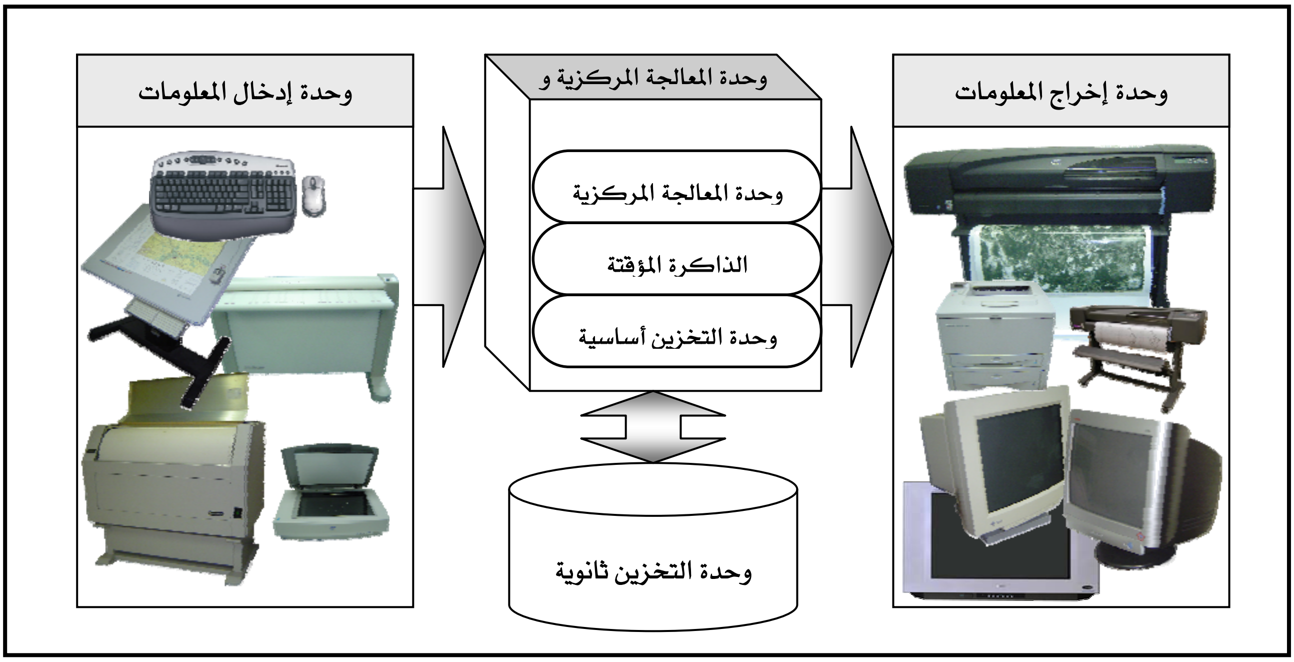
١- ٦- ٣- ١ الأجهزة (Hardware):

لفظ الأجهزة (Hardware) هي مسمى للمكونات المادية لنظام الحاسب الآلي، أي كل ما يرى ويلمس وتشمل جهاز الحاسب والأجهزة المساعدة وأجهزة الحاسب الآلي تختلف باختلاف قدراتها وإمكاناتها بحيث تتراوح بين الأجهزة الشخصية (PC's) ومحطات العمل (Workstation)، ولكن كل منها يتكون من المركبات الأساسية و هي (شكل ١- ٩):

١) وحدة إدخال المعلومات (Data Input Unit).

٢) وحدة المعالجة المركزية والتخزين (Central Processing Unit and Storage - CPU).

٣) وحدة إخراج المعلومات (Data Output Unit).



شكل (١- ٩): المكونات الأساسية لأجهزة الحاسب الآلي.

وتحديد المواصفات المناسبة للأجهزة يعتمد على التطبيقات والمهام المراد تنفيذها على نظم المعلومات الجغرافية، فعل سبيل المثال فإن مصادر المعلومات المتاحة لنظام تحدد نوع وإمكانيات أجهزة الإدخال مثل (ماسحات ضوئية، وطاولات ترقيم، وغيرها).

١) وحدة المعالجة المركزية والتخزين (CPU & Storage):

تُعد هذه الوحدة بمثابة المخ والعقل المدبر للحاسب الآلي، وهي المسؤولة عن إجراء كافة العمليات المنطقية والحسابية والتحكم في الوحدات الأخرى من حيث استقبال وإرسال البيانات منها وإليها. وتتكون هذه الوحدة من أجزاء رئيسة من أهمها: (المعالج CPU، والذاكرة بنوعيها RAM & ROM، ووحدة التخزين الرئيسة Main HD، ووحدة التحكم Control Unit). ومن العناصر المهمة أيضاً في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية هي وحدة التخزين الثانوية، وذلك لكثافة المعلومات المراد تخزينها في نظم المعلومات الجغرافية، فيتم تخزين البرامج على وحدة التخزين الأساسية والمعلومات على وحدة التخزين الثانوية لزيادة قدرة الجهاز في الأداء، وحفاظا على المعلومات من التلف. وكذلك من العناصر المهمة في الأجهزة المعدة لتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية هي محول عرض الرسومات

(Graphic Cards) بحيث يكون ذا نوعية جيدة لإظهار الصور في الشاشة مع استيعاب دقة تفاصيل المعالم وكذلك تراعى كفاءة تحميل تفاصيل المعالم أثناء العمل.

٢) وحدة إدخال المعلومات (Data Input Unit):

وحدة إدخال المعلومات هي الأجهزة التي لها اتصال مباشر مع المستخدم، وتمثل وحدة الإدخال حلقة ربط بين المستخدم والحاسب الآلي، حيث يقوم المستخدم بإدخال برامجه وبياناته وتقوم هذه الوحدة بتحويل الأرقام والحروف والرموز إلى ما يناظرها من الأكواد وفقا لنظام التكويد المستخدم ويتم إرسالها إلى الذاكرة الرئيسة. ومن أهم وحدات الإدخال وأكثرها شيوعا (الفأرة Mouse، ولوحة المفاتيح Keyboard، والماسحات الضوئية Scanner، وطاولات الترقيم Digitizer).

ونوعية أجهزة الإدخال تعتمد على مصادر المعلومات المتاحة أو المستخدمة في نظام المعلومات الجغرافية، فمثلا يحتاج إدخال الخرائط الورقية وتحويلها إلى معلومات رقمية إلى ماسح ضوئي (Scanner) أو طاولة ترقيم (Digitizer). وسوف نتطرق بشيء من التفصيل إلى أهم الوسائل المستخدمة في إدخال المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية وهي:

أ) لوحة المفاتيح (Keyboard):

تُعد لوحة المفاتيح من أهم وسائل إدخال المعلومات في أجهزة الحاسب الآلي، وتستخدم لوحة المفاتيح في إدخال أوامر التشغيل (مثل: فتح، ونسخ، وتشغيل، وغيرها) و المعلومات الوصفية أو البيانات النصية (مثل: اسم الشارع، وعرض الطريق، وغيرها)، وأيضا تستخدم في بعض التطبيقات كمفاتيح مختصرة (Shortcut Keys) لتسهل العمل (مثل: فتح = Ctrl+O، وحفظ = Ctrl+S، وغيرها)، كما يمكن تخصيص بعض المفاتيح لبعض الأعمال في تطبيقات خاصة (مثل: Ctrl+F12= فتح في برنامج Microsoft Word®، ومفتاح F1 لعرض صفحة المساعدة في أغلب تطبيقات Windows®).

ب) الفأرة (Mouse):

تُعد الفأرة وسيلة سهلة للتعامل مع الحاسب الآلي بشكل عام (مثل: اختيار أمر من قوائم الأوامر، أو تحديد ملف أو عدة ملفات في مجلد ما، وتستخدم الفأرة في تطبيقات الرسوم بشكل واسع، وتتطلب تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية استخدام الفأرة في عمليات

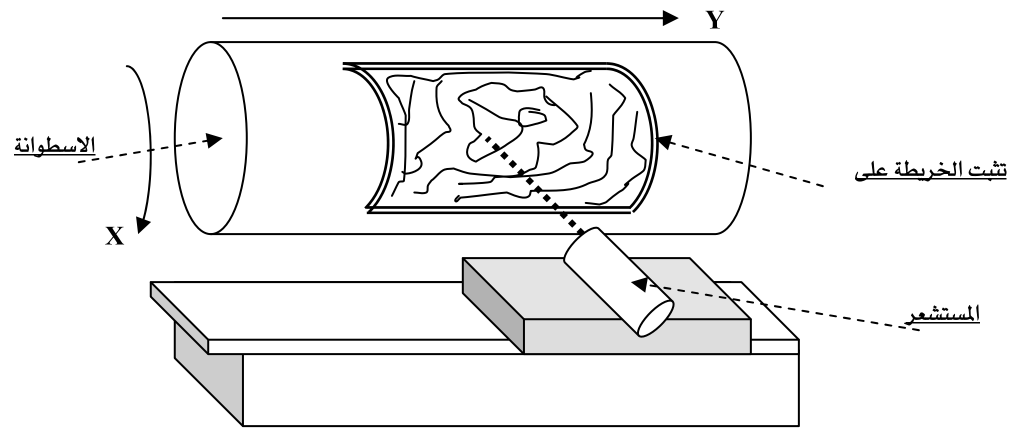
الرسم وتحديد المعالم على الخريطة الآلية في الشاشة، كما تستخدم الفأرة في عمليات الترقيم على الشاشة (Digitizing On Screen).

ت)الماسحات الضوئية (Scanners):

وهي أجهزة تستخدم لإدخال الخرائط والصور إلى الحاسب الآلي وتحويلها إلى معلومات شبكية (Raster Data)، ونشأت الحاجة إلى المساحات الضوئية عندما تتطلب الأمر إدخال صور و رسومات وخرائط بنفس هيئتها إلى الحاسب. وهناك أنواع كثيرة من الماسحات الضوئية (شكل ١- ١٠)، فمنها ما هو صغير و معد للاستخدامات البسيطة و غالباً ما يأتي مع الأجهزة الشخصية، ومنها ما هو الآلي السحب حيث يقوم الماسح بسحب الخريطة بالتدريج (شكل ١- ١٠- ب)، ومنا ما هو كبير ودقيق جداً وباهظ التكلفة (شكل ٢- ٧- ج) ويسمى الماسح ذو الأسطوانة (Drum Scanner) بحيث تثبت الخريطة على الأسطوانة داخل الماسح ونشغل الجهاز وتدور الأسطوانة ويقوم المستشعر بتسجيل الانعكاس الضوئي من الخريطة ويحولها إلى صورة رقمية (شكل ١- ١١). والفكرة الأساسية في الماسحات الضوئية هي تحويل الصور والخرائط الورقية (Hardcopy) إلى صيغ رقمية (Softcopy) التي يمكن تخزينها واستعمالها في التطبيقات الأخرى في الحاسب الآلي، ومن العمليات المشهورة في نظم المعلومات الجغرافية عملية الترقيم على الشاشة (Digitizing On Screen) وهي عبارة عن عملية تحويل المعالم من الخرائط من الورق إلى نسخ رقمية أو معلومات شبكية (Raster Data) ثم تحويلها إلى معلومات خطية (Vector Data).



شكل (١- ١٠): بعض أنواع الماسحات الضوئية.



شكل (١- ١١): طريقة عمل الماسح ذي الأسطوانة (Drum Scanner).

ث) طاولة الترقيم (Digitizer):

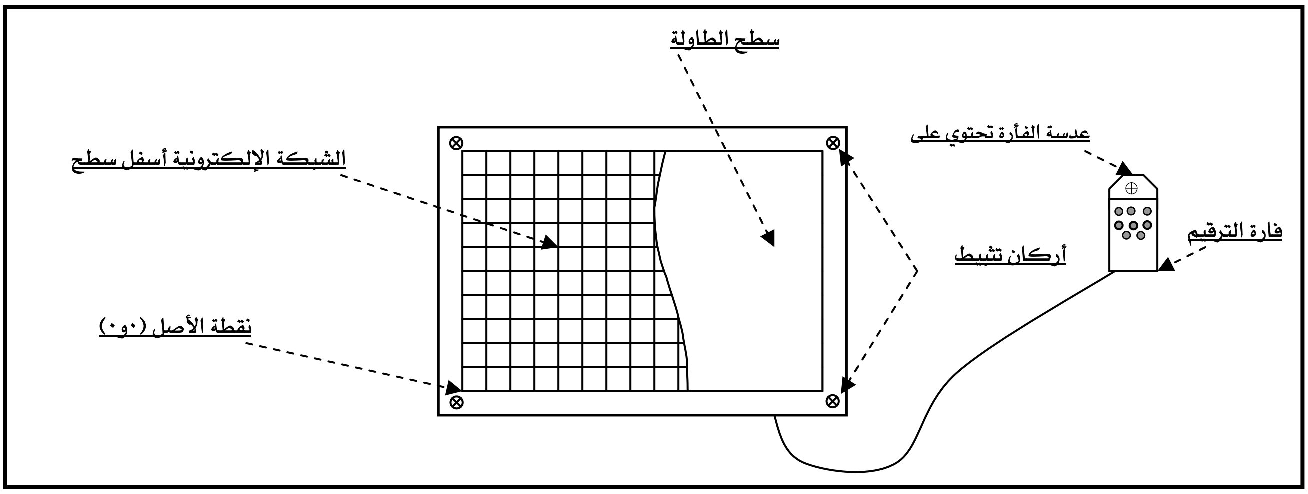
مرقم الخرائط هو عبارة عن لوحة تشبه لوحة الرسم العادية المستخدمة في الرسم اليدوي (شكل ١- ١٢)، ولكن هذه اللوحة تحتوي على شبكة إلكترونية أسفل سطح الطاولة بحيث تمثل شبكة إحداثيات سينية وصادية بالإضافة إلى فأرة بعدسة شفافة(شكل ١- ١٣)، وتعتمد فكرة المرقم على قراءة موقع شعرات عدسة الفأرة على الشبكة الإلكترونية أسفل سطح المرقم (شكل ١- ١٤)، وتحويلها إلى إحداثيات سينية وصادية. ولكن في بداية عملية الترقيم لا بد أن تثبت الخريطة على الطاولة بشكل جيد و ثابت بحيث لا تتحرك أثناء عملية الترقيم للمحافظة على دقة الترقيم، ولكن يراعى استخدام

شريط لاصق غير قوي ولا يضر بالخريطة الورقية عند الانتهاء من العمل، وأيضاً تحديد نقطة الأصل في بداية ترقيم كل خريطة. من ثم تمرر عدسة فأرة الترقيم على المعلم المراد ترقيمه وتسجل النقاط إما آليا بتحديد زمن معين أو مسافة معينة أو يدوياً بالضغط على زر الإدخال بفأرة الترقيم. ويلاحظ عند ترقيم الخطوط أنه كلما زاد عدد النقاط المرقمة على الخطوط المنحنية كلما زادت دقة تمثيل هذه الخطوط.

وينتج عن عملية الإدخال إدخال معلومات خطية (نقطة، أوخط، أومساحة) تتكون من نقطة أو عدة نقاط التي تشكل نقطةً أوخط أو مساحةً وتعرف هذه العملية باسم الترقيم (Digitizing).



شكل (١- ١٢): طاولة ترقيم.



شكل (١- ١٣): رسم توضيحي لمكونات مرقم الخرائط.



شكل (١- ١٤): فأرة الترقيم متصلة بطاولة الترقيم.

٣) وحدة إخراج المعلومات (Data Output Unit):

وحدة الإخراج هي عبارة عن الأجهزة التي من خلالها نتمكن من إخراج المعلومات والنتائج من الحاسب الآلي، و هذه الأجهزة يرتبط بها مدى إمكانية الاستفادة من البيانات المخزنة في نظم المعلومات الجغرافية، فمن خلال الشاشات نستطيع أن نرى خرائط ونتائج البحث و الرسومات البيانية والإحصائية، وتتنوع أجهزة الإخراج بحسب حاجة نظم المعلومات الجغرافية ونوعية المخرجات المطلوبة، ومن أمثلة أجهزة الإخراج: شاشات العرض، والطابعات و الراسمات.

أ) شاشات العرض (Monitor or Display Screen):

الشاشة إحدى الوحدات الأساسية في الحاسبات الآلية، وهي تشبه التلفاز. ويقوم مستخدم الحاسب برؤية نتائج العمليات والتطبيقات والبيانات والتحاليل المدخلة سواء على شكل صور أم رسومات أم أشكال بيانية أم جداول على الشاشة مباشرة، ومن خلال رؤية النتائج يتخذ المستخدم للجهاز قراراً بحفظ النتائج أو استبدالها أو حذفها أو طباعتها. وهناك أنواع كثيرة من الشاشات تختلف في أحجامها ودقتها وتقنيتها، ولا بد أن تراعى في أجهزة نظم المعلومات الجغرافية دقة الشاشة وتبيان وسطوع الشاشة؛ لإظهار المعالم والمعلومات بشكل واضح. وكذلك تراعى بطاقة محول العرض (VGA Card) بحيث تكون مناسبة من ناحية الدقة وسعة الذاكرة الداخلية. وهناك أنواع من الشاشات تكون ذكية أو تتعامل باللمس وتسمى (Touch Screen).

ب)الطابعات والراسمات (Plotter & Printer):

تُعد الراسمات والطابعات من وحدة الإخراج وذلك لتحويلها المعلومات من الصيغة الرقمية (Softcopy) إلى صيغ محسوسة ورقية (Hardcopy)، أي إخراج المعلومات وطباعتها على أشياء محسوسة،فعندما حولنا الصور والمخططات من الهيئة الورقية إلى صيغ رقمية وتعاملنا معها في الحاسب الآلي فبا الإمكان أن نجري تعديلات عليها وأن نخرجها أو نطبعها ونرجعها إلى الهيئة الورقية مرة آخرى. وتتعدد أنواع الراسمات والطابعات من حيث الحجم ودقة الطباعة والألوان وحجم المساحة المخصصة للطباعة وإمكانية الطباعة على أنواع مختلفة من الورق والبلاستك الشفاف (Transparent Peper) و الورق المصقول (Glossy Paper) المخصص للصور الدقيقة، ومنها ما يكون للطباعة الصغيرة مثل الطابعات المرفقة بالأجهزة الشخصية (PC's) ومنها ما يكون أحادي اللون (مثل طابعات الليزر تطبع بلون واحد أسود وعدة تدرجات)، ومنها ما هو ذو دقة وسرعة عالية ويطبع على مقسات كبيرة تصل إلى أكبر من مقاس A0 (شكل ١- ١٥).



أ) راسمات **Plotter** ب) طابعات **Printer**

شكل (١- ١٥): بعض أنواع الطابعات والراسمات.

٤) أجهزة الإدخال والإخراج معاً (Data Input & Output Devices):

بعض الأجهزة تستخدم في عملية الإدخال والإخراج مثل القرص الممغنط بأنواعه (CD-ROM or DVD) وأشرطة التخزين (Magnetic Tape) والأقراص المرنة (Floppy Disk) (شكل ١- ١٦)، حيث تنقل المعلومات من أنظمة أخرى عن طريق الأقراص الممغنطة، أو استقبال معلومات رقمية مباشرة

من المصدر الأساس مثل صور الأقمار الصناعية تأتي في أقراص ممغنطة. كما يمكن أن تستخدم لعمل النسخ الاحتياطي أو لتخزين المعلومات لغرض الأرشفة، مثل الأشرطة المغنطة. و شاشات العرض يمكن أن تكون وحدة إخراج وإدخال في نفس الوقت وذلك في عملية الترقيم على الشاشة (Digitizing On Screen) حيث تعرض الخريطة أو الصورة على الشاشة ويقوم المستخدم بترقيم المعالم مباشرة على الشاشة باستخدام الفأرة العادية، و أيضاً باستخدام الشاشات التي تتعامل باللمس(Touch Screen).



شكل (١- ١٦): وسائل التخزين التي تستخدم في إدخال وإخراج المعلومات.

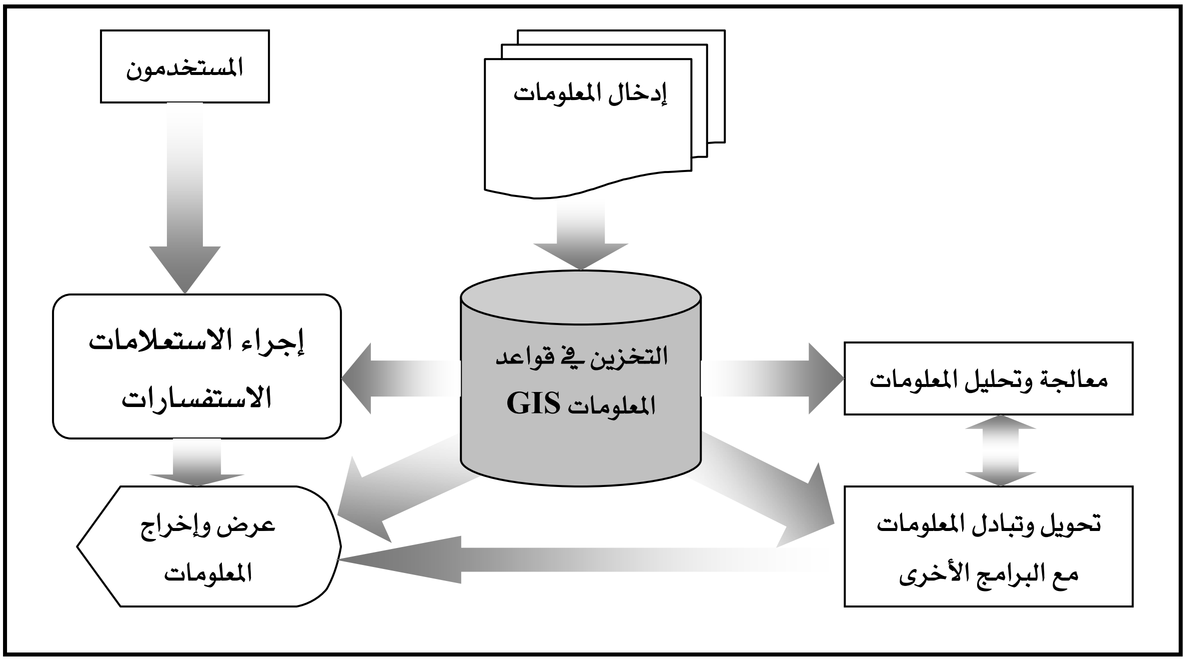
١- ٦- ٣- ٢ البرامج(GIS Application Software):

تتعدد البرامج التطبيقية التي تهتم بمعالجة البيانات والحصول منها على رسومات وخرائط وجداول ولكن لا يمكن اعتبارها من برامج نظم المعلومات الجغرافية إلا إذا توفرت فيها الشروط التالية (شكل ١- ١٧):

١) إمكانية إدخال البيانات المختلفة وإجراء عمليات اختبار دقة الإدخال.
٢) إمكانية تخزين المعلومات وإدارتها في صورة قواعد معلومات.
٣) إمكانية عرض وإخراج البيانات بوسائل مختلفة.
٤) إمكانية نقل وتبادل المعلومات مع البرامج الأخرى.

٥) وجود روابط بين المعلومات ومواقعها الجغرافية.

٦) إمكانية المعالجة والتحليل والاستعلام عن قواعد المعلومات.

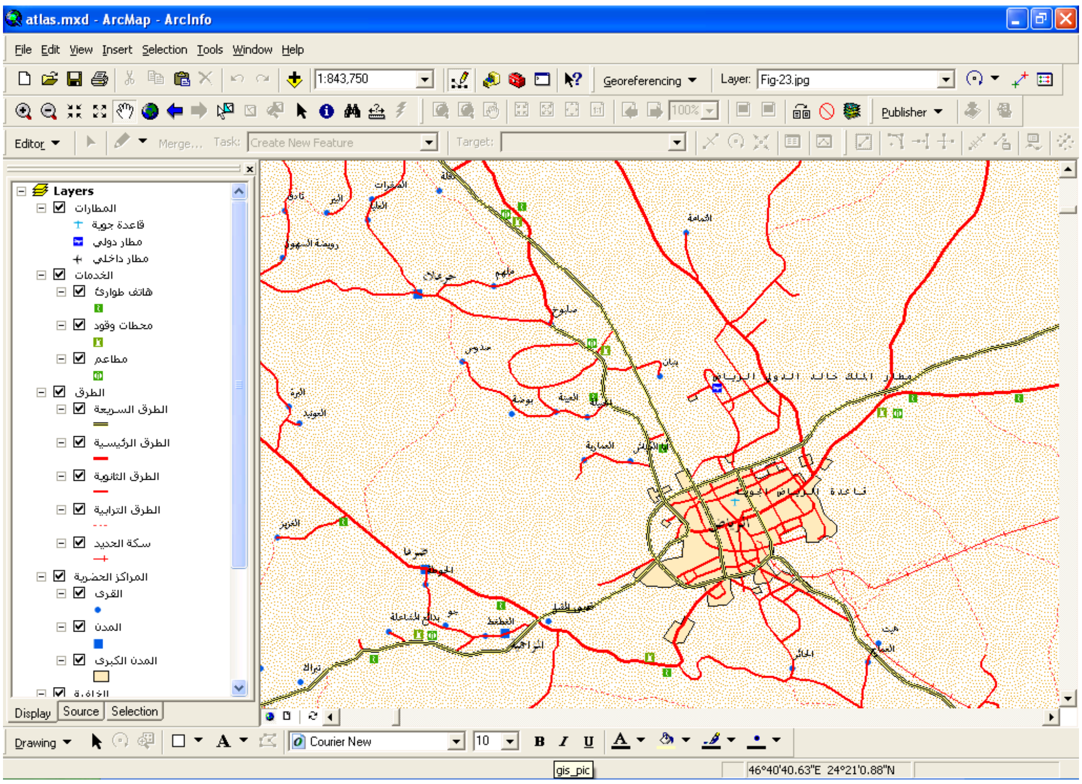


شكل (١- ١٧): الإمكانات المطلوبة في برامج نظم المعلومات الجغرافية.

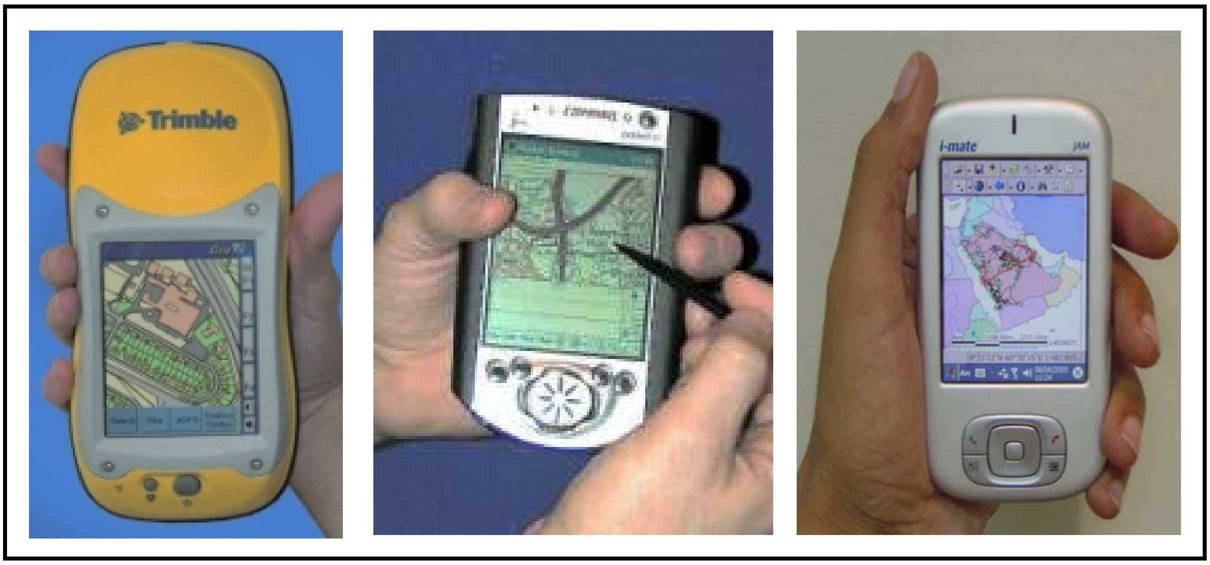
ولعل من المناسب أن نذكر بعض البرامج الموجودة حالياً في السوق والمشهورة منها، فهناك العديد من البرامج التي صممت خصيصا لنظم المعلومات الجغرافية (جدول ١- ٢)، وسوف نورد أحد البرامج كمثال وهو برنامج ArcInfo® وهو من إنتاج شركة ESRI (شكل١- ١٨)، وهو من البرامج المشهورة وله قدرات جيدة جداً، فهو يدعم أغلب الصيغ وهيئات الملفات (File Format) المشهورة، وله قدرة عالية على إخراج النتائج في منتجات متعددة (جداول، أو رسوم بيانية، أو خرائط، وغيرها)، وكذلك له قدرة جيدة في عمليات الاستعلام سواء أكان عن المعلومات المكانية أم الوصفية، ويتضمن البرنامج أدوات لتحويل الصيغ وتصديرها لتستخدم في البرامج الأخرى، كما يدعم وبشكل جيد نصوص البرمجة الداخلية (Macro) لتسهيل العمل المتكرر، ويستقبل من الأجهزة المحمولة حيث يوفر ملحقات تدعم هذه الأجهزة (ArcPad) (شكل ١- ١٩).

جدول(١- ٢): بعض برامج نظم المعلومات الجغرافية المشهورة.

أسم الشركة	®Autodesk	®ESRI	®Intergraph	®MapInfo
الإصدار للمحترفين **Professional**	AutoCAD/World	ArcInfo	GeoMedia Pro	MapInfo Professional
الإصدار العادي **Desktop**	World	ArcView /ArcGIS	GeoMedia	MapInfo Professional
الإصدار للعرض فقط **Viewer**	AutoCAD LT	ArcExplorer	GeoMedia Viewer	Pro Viewer
ملحقات الرسم بالحاسب الآلي **CAD**	AutoCAD MAP	ArcCAD	منتجات عديدة	منتجات عديدة
الإصدار للأجهزة المحمولة **Hand-held**	OnSite	ArcPad	في مرحلة التطوير	MapXtend
ملحقات لدعم البرمجة **Component**	منتجات عديدة	MapObjects	أجزاء من GeoMedia	Mapx MapJ
محرك قواعد البيانات **DB Server**	Vision	ArcSDE	Oracle Spatial	Spatial Ware
الإصدار لخدمة الإنترنت **Internet**	MapGuide	ArcIMS	GeoMedia Web Map	MapXtend MapXSite



شكل (١- ١٨): واجهة برنامج ArcInfo أحد البرامج المشهورة في نظم المعلومات الجغرافية.



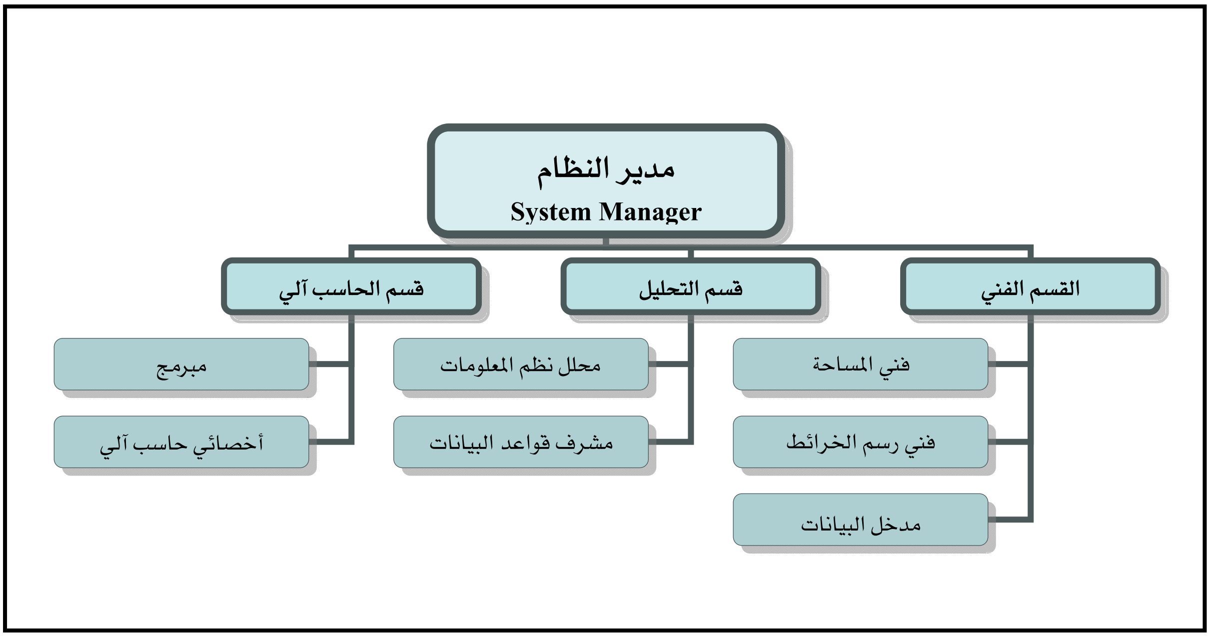
شكل (١- ١٩): بعض واجهات البرامج المشهورة في نظم المعلومات الجغرافية المحمولة.

١- ٦- ٤ المتطلبات البشرية (People – Human Resources):

لابد من كوادر بشرية مؤهلة لتأسيس وتشغيل نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لحاجة النظام إلى الخلفيات العلمية لغرض تصنيف وتجهيز المعلومات المختلفة و من ثم إدخالها إلى النظام، وأهمية تأهيل الكوادر البشرية لا يقل عن تأمين المتطلبات الفنية حيث يمثل كل من المتطلبات البشرية و المتطلبات الفنية ١٥٪ من قيمة النظام المادية. واعتماد نظام هيكل تنظيمي إداري خاص بكل نظام معلومات جغرافي يعتمد على حجم وتطبيقات هذا النظام، حيث لا بد أن تتوفر التخصصات الإدارية إلى جانب التخصصات الفنية في الهيكل التنظيمي (شكل ١- ٢٠).

ومن أهم تخصصات الكوادر البشرية المطلوبة في نظم المعلومات الجغرافية ما يلي :

- مدير النظام (System Manager).
- محلل نظم المعلومات الجغرافية (GIS Analyst).
- مشرف قواعد البيانات (Database Administrator).
- فني رسم الخرائط (Cartographer).
- مبرمج (Programmer).
- أخصائي الحاسب الآلي (Computer Specialist).
- فني المساحة (Surveyor).
- مدخل البيانات (Data operator)



شكل (١- ٢٠): مثال على الهيكل التنظيمي للكوادر البشرية لنظم المعلومات الجغرافية.

١- ٦- ٥ أساليب التشغيل (Method):

ويقصد بأساليب التشغيل العمليات أو الوظائف التي يقوم بها النظام، كما ورد في تعريف نظم المعلومات الجغرافية الذي ينص على أن مكونات النظام صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات، وعلى أساسه يمكن إيجاز وظائف نظم المعلومات الجغرافية في أربع وظائف أساسية هي:

١) إدخال المعلومات إلى النظام.
٢) تخزين المعلومات في النظام.
٣) المعالجة والتحليل المعلومات وتحليل المعلومات.
٤) إخراج النتائج.

وسوف نتطرق إلى وظائف نظم المعلومات الجغرافية بالتفصيل في الوحدة الخامسة إن شاء الله.

١- ٧ بعض تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:

إن لنظم المعلومات الجغرافية تطبيقات في مجالات عديدة لا يمكن حصرها، وكل مجال من مجالات الحياة يمكن أن يساهم في بناء نظام متكامل من نظم المعلومات الجغرافية ومن ثم يستفاد من مخرجاته و تحليلاته. فقد عرضت وزارة البيئة البريطانية عام ١٩٧٨م في تقرير لها، بيانا تفصيلياً حول مالا يقل عن ستة عشر مجالاً كبيراً يمكن أن تستعمل فيها أنظمة المعلومات الجغرافية: وهذه تشمل استخدامات الأرض، وإدارة المصادر الطبيعية والمرافق العامة، والخدمات، والتي تشمل البنية التحتية (الكهرباء- والغاز- والهاتف- والماء)، وإدارة الشبكات بصفة عامة، أو تسجيل الممتلكات، والتطوير العقاري، وتحليل السوق، وموقع الأعمال التجارية والأنشطة الإستراتجية، وأعمال التعدين، وسياسات التطوير، والتنمية الإقليمية، بالإضافة إلى الأغراض التعليمية. ولهذا فإن من غير الممكن حتى محاولة حصر تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية، ولكن تم تصنيف تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية إلى أقسام:

- تطبيقات حكومية:
  - الخرائط الطبوغرافية.
  - نماذج وأنماط تمثيل الشبكات (طرق برية، وطرق بحرية، وطرق جوية).
  - تقييم ومراقبة حماية البيئة.
  - أنظمة الملاحة العالمية.
  - تقييم ومراقبة ثروات المناجم والتعدين.
  - الخرائط الموضوعية.
  - المصادر المائية (اكتشافها، وتخطيطها، وإدارتها).
  - المناورات العسكرية للرادارات والطائرات.
  - إنتاج وتحديث ونشر خرائط الأساس.
- تطبيقات خدمية:
  - تطبيقات الكهرباء وشبكاتها.
  - تطبيقات شبكات الغاز والوقود البترولي.
  - تطبيقات شبكات المياه.
  - تطبيقات الصرف الصحي.
  - تطبيقات الهاتف وخدماته.

- تطبيق خاص بالغابات.
- تطبيقات المواصلات.

- تطبيقات الصناعات الأهلية الخاصة:
  - تطبيقات شركات الزيت.
  - تطبيقات التسويق والبيع.
  - تطبيقات المخططات العقارية.

والآن نذكر بعض الأمثلة على تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية:

- تطبيقات المواصلات وسكك الحديد والنقل العام، مثل اختيار المسار المناسب لخطوط النقل العام بناء على الكثافة السكانية ومراكز تجمع النشاطات الحيوية، وكذلك في اختيار أفضل مسار للخطوط الجديدة من طرق وسكك حديد لتقليل كلفة نزع الملكية.
- تطبيقات تسجيل الأراضي والملكيات، مثل التسجيل العيني للأراضي، وفرض الضرائب عليها بقدر مساحتها.
- التطبيقات البيئية وحماية الحياة الفطرية، مثل تحديد نوع الحياة الفطرية في المنطقة والعناية اللازمة لها.
- تطبيقات الغابات ودراسة حرائق الغابات، مثل تحديد مناطق الحرائق المحتملة على دراسة السنوات الماضية ودرجة الحرارة ونوعية الأشجار وغيرها.
- تطبيقات التلوث المائي وتأثيره على الحياة البرية، مثل تلوث الخليج العربي بالنفط وتأثيره على الحيوانات في المنطقة.
- تطبيقات التنبؤ بالتغيرات فيما يتعلق بالاحتياجات الإسكانية، مثل تقدير عدد الوحدات السكنية المطلوبة ونوعيتها وأفضل مكان لها.
- تطبيقات على الاحتياجات التعليمية، مثل موقع المدارس، وحجم ومواصفات تلك المدارس بناء على نوعية وكثافة السكان في المنطقة.
- تطبيقات الاتصالات والهاتف والجوال، مثل تحديد نطاق المقسمات وحدود الخدمات، وأيضا تحديد أفضل مكان لأبراج الاتصالات المتنقلة (الجوال) وأماكن الكثافة في الاستخدام وسعة الأبراج.

- التطبيقات الأمنية، مثل تحديد مناطق الجريمة ومحل اهتمام أنظار الشرطة ودورياتها وتكثيف النشاط الأمني في المنطقة.
- تطبيقات مكافحة الحريق، مثل تحديد مواقع محطات الإطفاء وتوزيعها داخل المدينة لسهولة الوصول إلى مكان فيها بأسرع وقت، وأيضا توزيع محطات ضخ المياه لإطفاء الحريق، وأماكن الحرائق المتكررة مثل المستودعات.
- تطبيقات الإسعاف ونقل المصابين، مثل تحديد أقرب طريق لمراكز الرعاية الطبية.
- التطبيقات الصحية، مثل اختيار المكان المناسب للمصحات والمستشفيات والمستوصفات والمراكز الصحية بحيث توزع على حسب الكثافة السكانية.
- تطبيقات في المرور وحركة المركبات، مثل تحديد مناطق عنق الزجاج والازدحامات المرورية وتوفير البدائل الفورية لها.
- تطبيقات الدراسة والسيطرة على الكوارث الطبيعية، مثل تحديد المناطق المهددة بالفيضان و تجهيز اللازم للمنطقة.
- التطبيقات الاقتصادية، مثل تحديد أماكن الفرص التجارية ودراسة الجدوى لها.
- تطبيقات مصادر الطاقة والكهرباء، مثل تحديد مسار خطوط الضغط العالي لتفادي المجمعات السكنية ذات الكثافة العالية.
- تطبيقات خدمات المياه، مثل معرفة الحاجة لتوفر المياه لمنطقة ما، وأيضا دراسة مناطق المياه الجوفية
- التطبيقات الاجتماعية، مثل التعرف على مناطق الحرمان الاجتماعي وإبراز إشكالياتها.
- التطبيقات السياحية والترفيهية، مثل اختيار الموقع المناسب للمناطق الترفيهية والحدائق، واستغلال المناطق الطبيعية واستثمارها سياحياً وترفيهياً.

نظم المعلومات الجغرافية

البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية وأنواعها

البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية وأنواعها

الجدارة:

القدرة على معرفة البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية وأنواعها.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

١. يتعرف على أنواع المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٢. يتعرف على العلاقة المكانية.

٣. يتعرف على ربط المعلومات بالموقع الجغرافي.

٤. يتعرف على الإحداثيات والمساقط.

متطلبات الجدارة:

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب رؤية واضحة عن أنواع البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية.

مستوى الأداء:

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ في فهم البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية

الوسائل المساعدة:

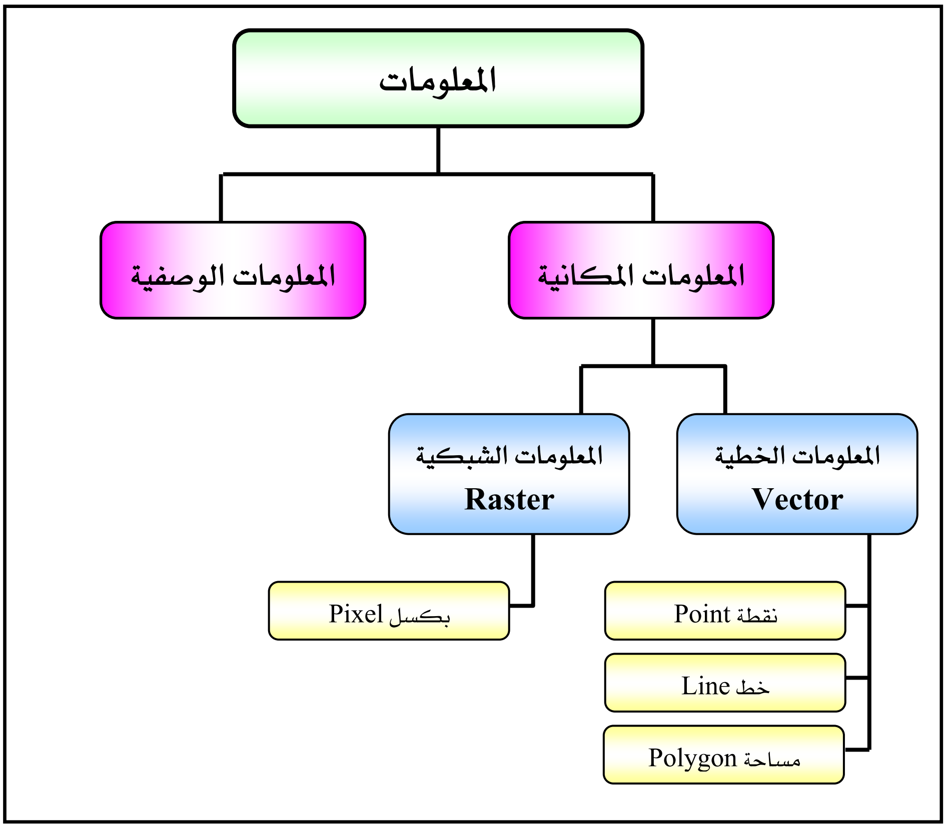
- جهاز الحاسب الآلي لغرض عرض الأمثلة على أنواع المعلومات.

البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية وأنواعها

٢- ١ مقدمة:

صممت نظم المعلومات الجغرافية لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وعرض وتحليل جميع المعلومات المرتبطة بالمكان الجغرافي (من تعريف "بورو" عام ١٩٨٦)، أي إن هذه النظم صممت خصيصاً لإدارة المعلومات المرتبطة بالمكان الجغرافي، وبمعنى آخر هذه المعلومات هي أساس هذه الأنظمة. وتُعد المعلومات أكثر مكونات أنظمة المعلومات الجغرافية كلفة ويتطلب جمعها الكثير من الجهد والوقت، كما يتطلب وضع معايير لهذه المعلومات، و يجب أن نهتم بالدقة والموثوقية فهي العامل الحاسم في نجاح أي نظام معلومات جغرافي، وتُعد البيانات في أنظمة المعلومات الجغرافية ديناميكية (Dynamic Data) أي إنها خاضعة للتغير المستمر مع الزمن. والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية تصنف على قسمين (شكل ٢- ١)، هما:

١) **معلومات مكانية (Spatial Data).**
٢) **معلومات وصفية (Attribute Data).**



شكل (٢- ١): أنواع المعلومات.

٢-٢ المعلومات المكانية (Spatial Data):

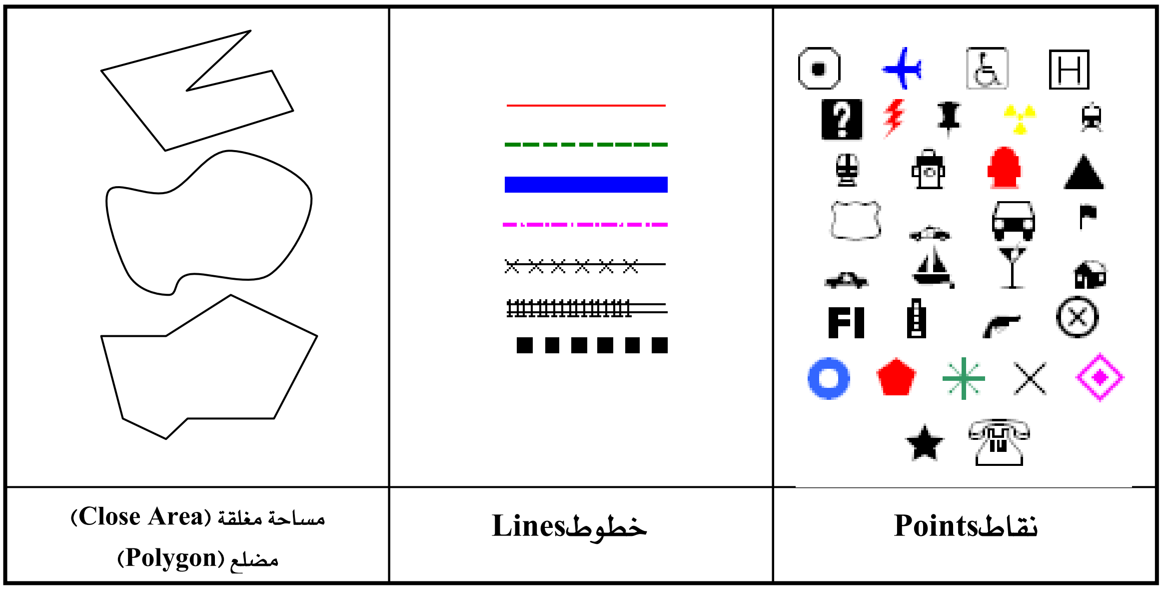
المعلومات المكانية هي المعلومات التي توضح موقعاً أو مكاناً، وهذه المعلومات مرتبطة بموقع ضمن مرجعية مكانية أو جغرافية أي مرتبطة بإحداثيات جغرافية، وتشمل كافة العناصر الطبيعية والاصطناعية المتواجدة في منطقة ما، مثل: حدود مدينة، مبان ، طريق، مجرى النهر، خطوط السكة الحديدية، حدود الغابات، الطبقات الجيولوجية، حدود البحيرات، مواقع التضاريس وغيرها. و يمكن تقسيم المعلومات المكانية إلى قسمين حسب طرق التخزين والمعالجة، هما:

1. **المعلومات الخطية (Vector Data).**
2. **المعلومات الشبكية (Raster Data).**

ونأخذ كل نوع من المعلومات المكانية بشيء من التفاصيل.

٢-٢-١ المعلومات الخطية (Vector Data).

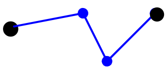
- المعلومات الخطية هي صيغ أو طرق لتمثيل المعلومات المكانية بتراكيب من مكونات أساسية نسميها بالمكونات المكانية البسيطة وهي: (النقطة Point، الخط Line، والمساحة Area)، والتي تعرف عددياً وتسمى العلاقات بينها بالعلاقات المكانية أو بالطوبولوجية Topology (شكل ٢-٢).



شكل (٢-٢): المكونات المكانية البسيطة التي تمثل بها المعلومات الخطية.

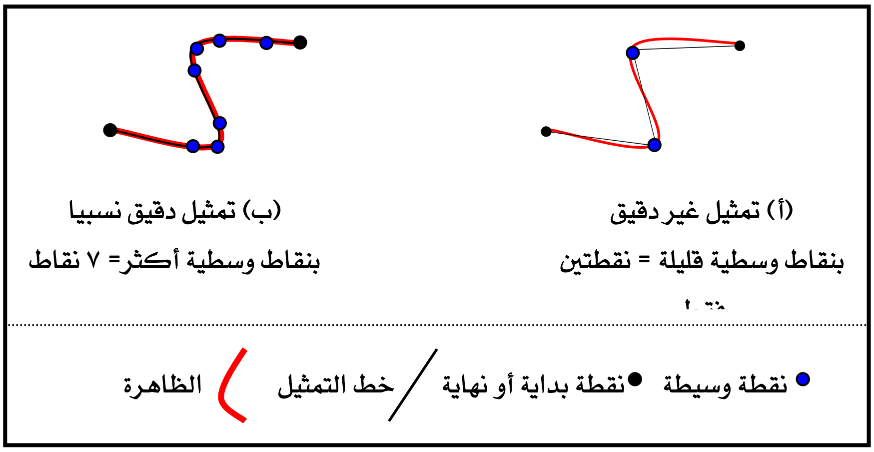
النقاط (Points):

إذا كانت الظاهرة صغيرة لا ترقى لأن تمثل بخط و ليس لها العرض الكافي لتمثل بمساحة، فإننا نسميها "نقطة" وتكون عديمة البعد أو ذات بعد صفري (0-D)، وهي تحدد مواقع لبعض الظواهر المتواجدة في الطبيعة مثل: الأشجار، والآبار، والمدن في المقاسات الصغيرة، ... وغيرها. وتعرف بإحداثيات مرتبطة بالمرجع الجغرافي.

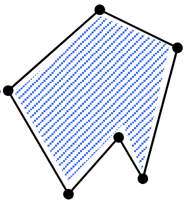


الخطوط (Lines):

وإذا كانت الظاهرة تبدأ بنقطة وتتبع بقية أجزاء ظاهرة حتى تنتهي بنقطة أخرى فإننا نسميها "خط"، ولذا فإنه يتكون من نقطتين على الأقل وهو ذو بعد واحد (1-D)،ودقة تمثيل ظاهرة ما تعتمد على كثافة النقاط الوسيطة للخط فيُمثل المنحنى بشكل دقيق بزيادة عدد نقاطه الوسيطة (شكل٢- ٣). ومن أمثلة المعلم التي تُمثل بخطوط: الطرق، الأنهار في مقاييس الرسم الصغيرة، سكك الحديد.

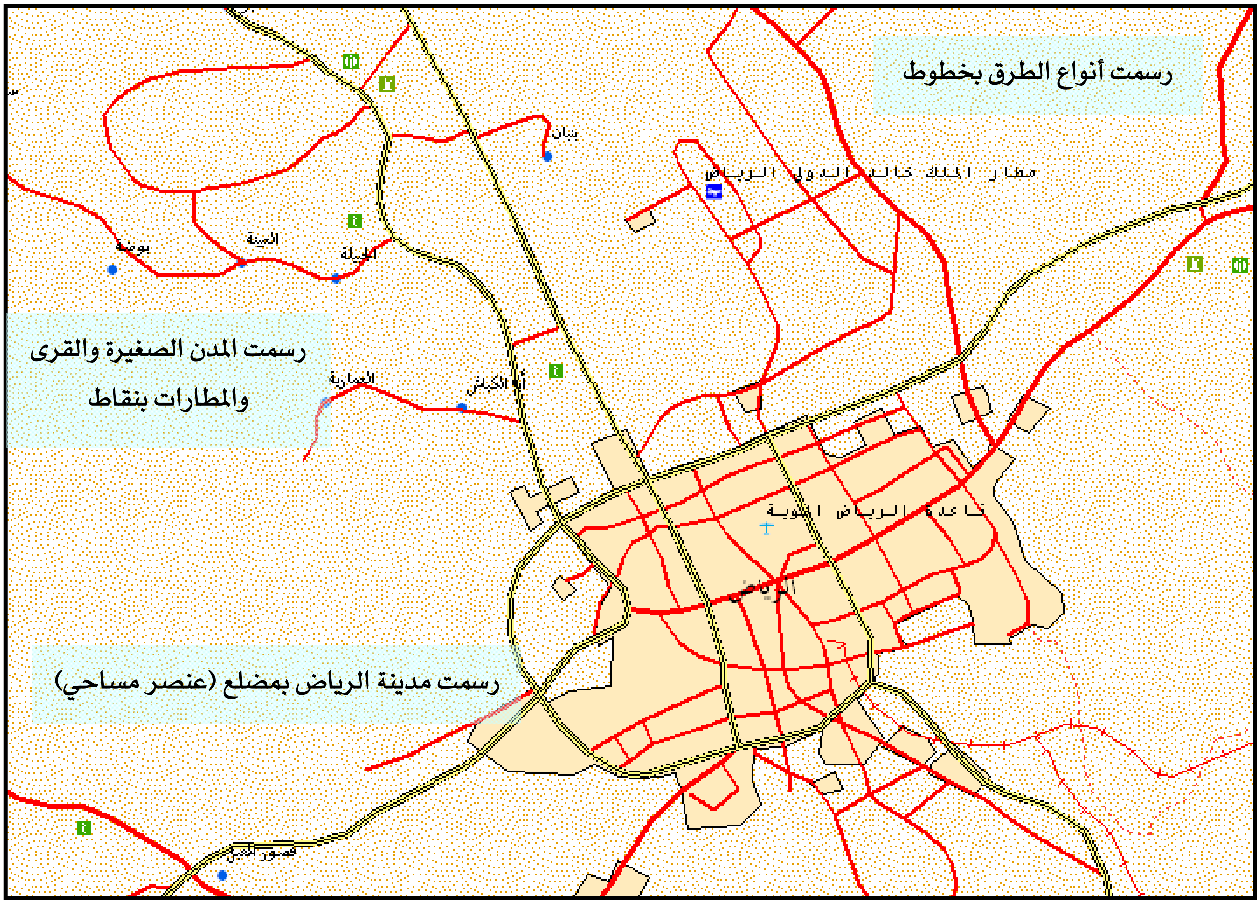


شكل (٢- ٣): دقة تمثيل المنحنيات وتعتمد على عدد النقاط الوسيطة.



مساحة (Area):

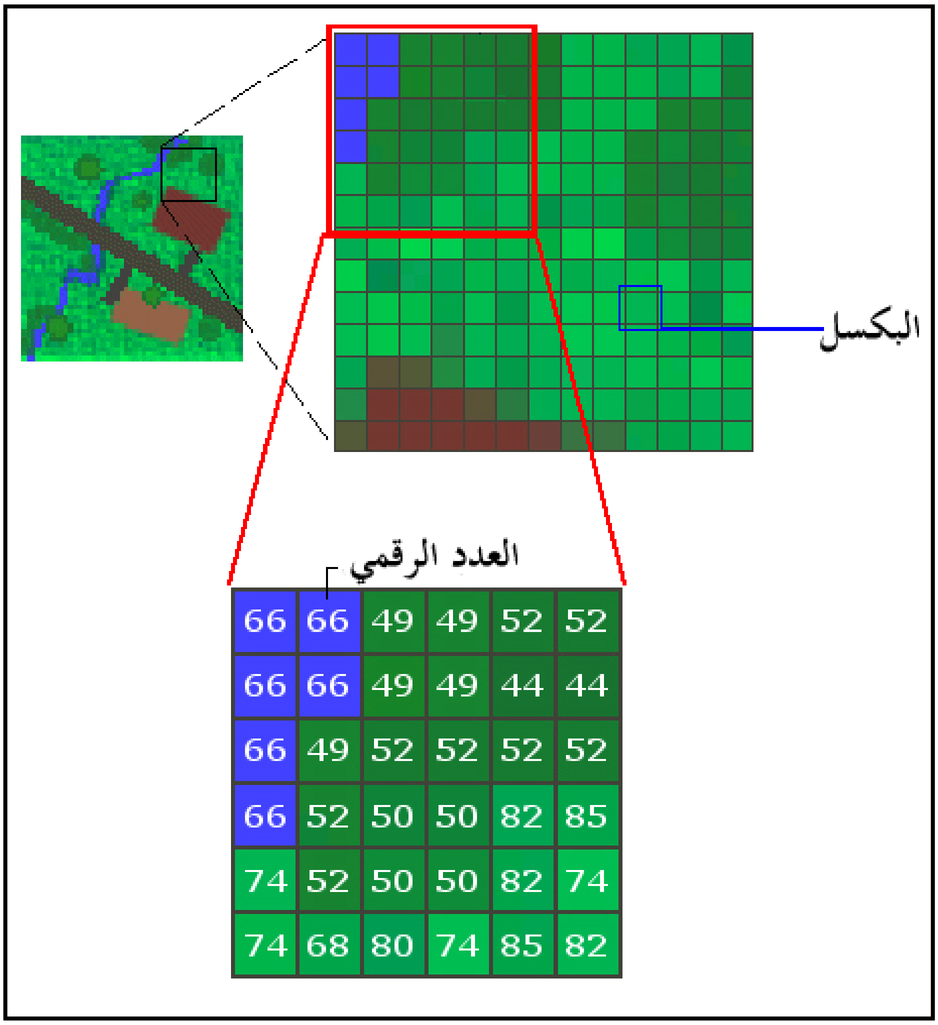
إذا كانت الظاهرة لها عرض أي ذات بعدين (2-D) فإننا نسميها "مساحة" (Area)، وبعض البرامج والكتب تسميها مضلع (Polygon). وتتكون من عدة خطوط أو سلاسل متصلة مع بعض ويكون الشكل مغلقاً. ومن أمثلة ذلك تمثيل البحيرات، والمباني في مقاييس الرسم الكبيرة، الغابات، استخدامات الأراضي، أنواع التربة، المناطق الإدارية (شكل ٢- ٤).



شكل (٢- ٤): مثال على المكونات المكانية البسيطة، نقطة وخط ومساحة.

٢- ٢- ٢ المعلومات الشبكية (Raster Data).

هي عبارة عن معلومات جغرافية تُمثل على شبكة أو مصفوفة من بعدين من الخلايا الصغيرة تسمى "بكسل" وحدة صورية (Pixel = Picture Element)، ولكل بكسل قيمة تعكس نوع المعلم المقابل لها، ويحدد موقع البكسل برقم الصف (Row) و العمود (Column) في الصورة، ومن أقرب الأمثلة صور الأقمار الصناعية (شكل ٢- ٥). وكل بكسل عبارة عن متوسط الإضاءة أو امتصاص المقاس إلكترونيا لنفس الموقع على مقياس التدرج الرمادي (Gray Scale) ويعبر عن ذلك برقم يسمى (العدد الرقمي Digital Number = DN) وهذه القيم هي أعداد صحيحة موجبة.



شكل (٢- ٥): مفهوم المعلومات الشبكية (Raster Data).

و تسجل الأعداد الرقمية (DN) التي تكون الصور الرقمية عادة في مدى أعداد يبدأ من صفر إلى ٦٣، أو من صفر إلى ١٢٧، أو من صفر إلى ٢٥٥، أو من صفر إلى ٥١١، أو من صفر إلى ١٠٢٣، أو من صفر إلى ٢٠٤٧. وتمثل مجالات المدى المذكور مجموعة الأعداد الصحيحة التي يمكن تسجيلها باستخدام مقاييس ترميز حاسوب ثنائية (Binary Computer Coding Scales) ذات ٦ و ٧ و ٨ و ٩ و١٠ و١١ بتات على التوالي (أي $٢^{٦}$=٦٤، $٢^{٧}$=١٢٨، $٢^{٩}$=٥١٢، $٢^{١٠}$=١٠٢٤، $٢^{١١}$=٢٠٤٨).

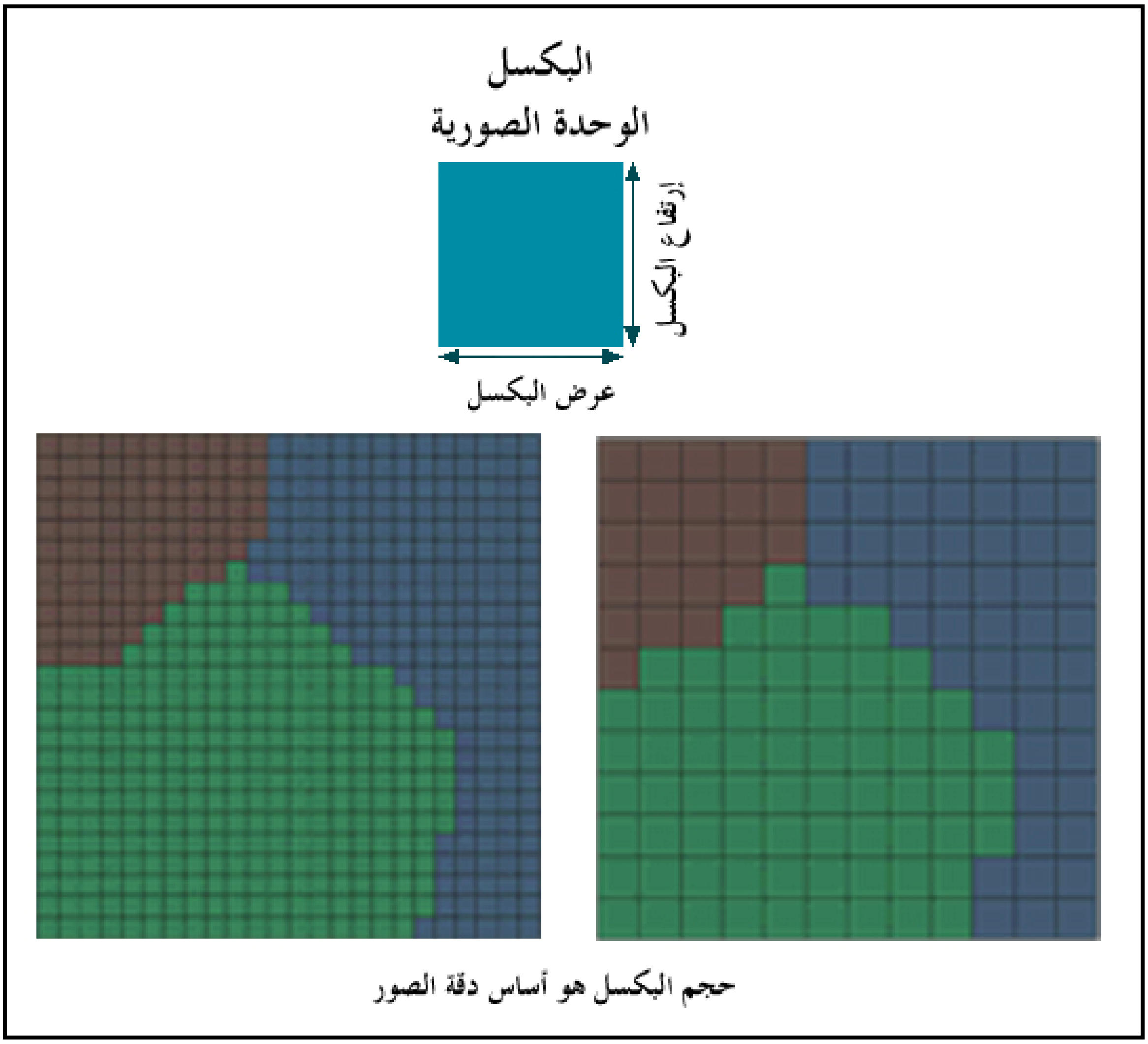
والتدرج الرمادي مقياس لشدة الإضاءة ويعبر عنه بالرقم العددي (Digital Number = DN) كما ذكرنا سابقا، بحيث إن صفر يمثل اللون الأسود وأعلى قيمة تمثل اللون الأبيض (مثل ٢٥٥ في نظام ٨ بت) وما بينهما يكون تدرجاً للون الرمادي (شكل ٢- ٦).



شكل (٢- ٦): التدرج الرمادي (Gray Scale).

وحجم البكسل (الوحدة الصورية) هو أساس دقة الصور بحيث كلما صغر حجم البكسل كلما زادت دقة ووضوح الصورة (شكل ٢- ٧)، أي إن الصورة ذات البكسل ١ م × ١م أكثر وضوحاً للمعلم من صورة حجم البكسل فيها ٥ م × ٥ م. وعدد الصفوف (Rows) والأعمدة (Columns) إذا ضربت في حجم البكسل تعطينا تغطية المنطقة.

وتتم معالجة هذه المعلومات في برامج خاصة تسمى برامج معالجة الصور (Image Processing) لاستخدامها فيما بعد في نظم المعلومات الجغرافية، ومن البرامج المشهورة في معالجة الصور الرقمية أو المعلومات الشبكية (ERDAS Imagine 8.7) وهو متخصص في معالجة وتحسين الصور الرقمية، حيث يتم من خلال هذه البرنامج عمل التصحيحات اللازمة من حيث التشوهات الناتجة عن التصوير والتشوهات الأخرى، وكذلك يتم من خلاله دمج أو تحسين الدقة من خلال عمليات معقدة.



شكل (٢- ٧): البكسل (Pixel) وتأثيرها على دقة الصورة.

٢- ٢- ٣ مقارنة بين المعلومات الخطية والمعلومات الشبكية:

من أهم الفروق بين المعلومات الخطية (Vector Data) والمعلومات الشبكية (Raster Data) ما يلي (جدول ٢- ١):

جدول (٢- ١): أهم الفروق بين المعلومات الخطية والمعلومات الشبكية.

المعلومات الخطية (Vector Data)	المعلومات الشبكية (Raster Data)
+ تتطلب مساحة قليلة في التخزين	- تتطلب مساحة كبيرة في التخزين
- بنية البيانات فيها معقدة	+ بنية البيانات فيها أكثر سهولة
+ لا تعتمد على حجم البكسل في الدقة	- تعتمد على حجم البكسل في الدقة
- تتطلب جهداً ووقتاً كبيرين للحصول عليها	+ لا تتطلب جهداً ووقتاً كبيرين للحصول عليها
+ قوة تحليلية مكانية عالية	- أقل مقدرة على التحليل المكاني
- غالبا ما يستعاض عن الواقع برموز	+ غالبا ما تمثل الصور الواقع الفعلي
+ تتكون من نقطة أو خط أو مساحة	- تتكون من البكسل فقط
- المعدات والبرامج ذات تكلفة عالية	+ المعدات والبرامج ذات تكلفة متوسطة نسبياً
+ دقة مكانية أعلى	- دقة مكانية أقل نسبياً

٢- ٣ **المعلومات الوصفية** (Attribute Data):

المعلومات الوصفية هي التي تعبر عن الصفات والحقائق وهي مرتبطة بالمعلومات المكانية، وعرف بعض العلماء المعلومات الوصفية بأنها: بيانات جدولية ونصية تهتم بوصف الخصائص الجغرافية للظواهر والمعالم على الخريطة، مثل: اسم المنطقة، اسم مالك العقار، حالة العقار، عدد السكان، نسبة الرطوبة، نوع التربة، اسم الشارع. وعادة ما تظهر على شكل جداول (شكل ٢- ٨). ولا بد أن ترتبط المعلومات الوصفية بالمعلومات المكانية لأن هذا من أهم مميزات نظم المعلومات الجغرافية، وهنالك عدة أنواع لربط المعلومات الوصفية بالمعلومات المكانية سوف نتطرق إليها في الدروس القادمة إن شاء الله،



Attributes of القرى

*OBJECTID	Name	Region
907	ثادق	منطقة الرياض
908	مشاش السهول	منطقة الرياض
909	القصب	منطقة الرياض
910	رويضة السهول	منطقة الرياض
911	رغبة	منطقة الرياض
912	أثيثية	منطقة الرياض
913	ثرمداء	منطقة الرياض
914	الدبيخة	منطقة الرياض
915	البرة	منطقة الرياض
916	العونيد	منطقة الرياض
917	أم سليم	منطقة الرياض
918	الغزيز	منطقة الرياض
919	الطويلة	منطقة الرياض
920	أم طلحة	منطقة الرياض
921	روضة الفرس	منطقة الرياض
922	حوينة	منطقة الرياض
923	قنيفذة	منطقة الرياض
924	عغرية	منطقة الرياض
925	الخلائق	منطقة الرياض
926	المشاعلة	منطقة الرياض
927	الجديدة	منطقة الرياض
928	لبخة	منطقة الرياض
929	جوباح	منطقة الرياض
930	الفويلق	منطقة الرياض
931	ظلماء	منطقة الرياض
932	الخفق	منطقة الرياض
933	تبراك	منطقة الرياض
934	الجله	منطقة الرياض
935	العودة	منطقة الرياض

شكل (٢- ٨): المعلومات الوصفية (Attribute Data).

٢- ٤ العلاقات المكانية - الطوبولوجيا (Topology):

إن مفهوم الطوبولوجية أو العلاقات المكانية يسمح بالمحافظة على التحام وتماسك المعالم وذلك باستبعاد كل ازدواجية في الخطوط أو السلاسل والنقاط أو العقد المستخدمة لتعريف المكونات المكانية البسيطة، وبذلك يتم تلافي المعلومات الزائدة بغية إنتاج قاعدة معلومات جغرافية متراصة تسهل معها عملية التحرير (Editing). و الطوبولوجيا أحد فروع علم الرياضيات وهو ذو شأن كبير جداً في أنظمة المعلومات الجغرافية، حيث يظهر القوة التحليلية المكانية لهذه النظم، بل هو ما يميز نظم المعلومات الجغرافية (GIS) عن الأنظمة الأخرى سواءً أكانت أنظمة الرسم بالحاسب (CAD) أم أنظمة إدارة المعلومات(MIS). فما هي الطوبولوجيا؟

عرف العالم "برجورون" (Bergeron) الطوبولوجيا بأنها فرع من الرياضيات يعالج علاقات الجوار المتواجدة بين الأشكال الهندسية وهي علاقات لا تتأثر بتشوه الأشكال.

كما للطوبولوجيا أهمية كبرى لإيجاد الحلول الاقتصادية، كالاستعلام عن منطقة ذات خواص محددة ضمن منطقة ما، كأن يراد الاستعلام عن منطقة في غابة وذات ميل لا يتجاوز ٤٪ ولا تبعد أكثر من ٢٠٠ متر عن الطريق الرئيس .

وتعرف المكونات المكانية بمفهومين أساسيين الأول هو: التحديد المكاني والذي يبين ويحدد الوضعية الهندسية لمعلم موجود في الطبيعة (مثل مدرسة، طريق، حي ...) ويسمح بحساب العناصر الهندسية المميزة لهذا المعلم كالطول والمساحة والمحيط، والمفهوم الثاني هو العلاقات الطوبولوجية وهي التي تصف الروابط والعلاقات التي تربط بين هذه المعالم.

والعلاقات الطوبولوجية لمعلم ما تكمل وصفه الهندسي (أي شكله وتحديد مكانه)، وهي مطلوبة في طرق التحليل المكاني، والنظام الذي يحوي قاعدة جغرافية طوبولوجية جيدة يدعم بشكل كبير فعالية نظام المعلومات الجغرافي كأداة مساعدة في اتخاذ القرار، وفاعلية المعالجة للمعلومات تستند بشكل كبير على وصف المعلومات المكانية وعلى خواصها الطوبولوجية، كما تعتمد على توفر الدوال (Functions) التي يمكنها معالجة العلاقات المكانية في أنظمة المعلومات الجغرافية. ويتم وصف طوبولوجيا المكونات المكانية بشكل صريح في بعض بنى المعلومات المستخدمة لتكوين القاعدة الجغرافية. وصحة العلاقات الطوبولوجية تعتمد بشكل كبير على دقة البيانات الجغرافية المستخدمة، وأي نقص أو غياب في الروابط الطوبولوجية في المكونات من شأنه إنقاص الجودة في أنظمة المعلومات الجغرافية والتقليل من فعاليتها كأداة لاتخاذ القرار.

ويمكن أيضاً بطرق التحرير (Editing) إضافة علاقات طوبولوجية على قاعدة جغرافية سبق أن حددت هندسيا إلا أنه من الناحية الاقتصادية والأكثر فعالية علينا استخلاص هذه العلاقات والروابط

الطوبولوجية في مراحل الترقيم وإدخال المعلومات. لأن القدرة على المعالجة الطوبولوجية في أنظمة المعلومات الجغرافية هي أمر أساسي لكي يتم تحليل الفضاء الموجودة فيه المكونات المكانية بغية الوصول إلى اتخاذ القرار. إضافة إلى أن المعالجة الطوبولوجية هذه هي التي تؤمن جودة عالية لإنتاج الخرائط بالرسم الآلي، مهما كان القياس المستخدم، وهي التي تحافظ على التماسك في كل عمليات التحرير (Editing) اللاحقة.

وهنالك مكونات بسيطة مستخدمة لتحديد العلاقات الطوبولوجية للمعلومات المكانية التي تتضمن قواعد بيانات أنظمة المعلومات الجغرافية وهي:

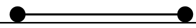
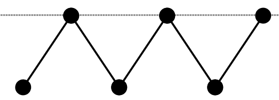
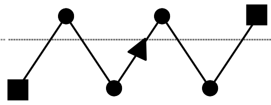
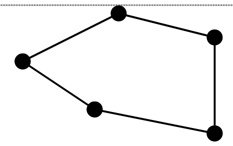
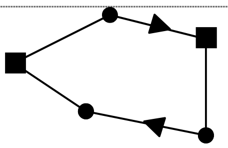
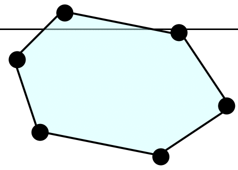
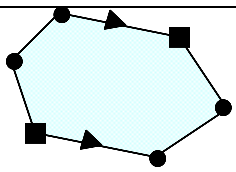
- **العقد (Nodes)**: و هي بداية أو نهاية الخط أو السلسلة.
- **السلاسل (Chains)**: وهي شبيهة بالخطوط حيث تبدأ كل سلسلة بعقدة وتنتهي بعقدة، وهي مستخدمة لتعيين حدود منطقة ما أو عناصر مساحية أو خطوط.
- **المضلعات (Polygons)**: وهي حلقات مغلقة حيث تتكون كل حلقة من عدة سلاسل متصلة مع بعضها.

ومن أهم العلاقات الطوبولوجية في أنظمة المعلومات الجغرافية:

- **علاقة الارتباط أو الاتصال (Connectivity)**: وهي التي تحدد أيا من السلاسل مرتبطة بأي من العقد.
- **علاقة الاتجاه (Direction)**: وهي التي تعرف الاتجاه من عقدة إلى عقدة في سلسلة.
- **علاقة الجوار (Adjacency)**: وهي التي تحدد أياً من المضلعات على يسار و أي منها على يمين السلسلة.
- **علاقة الاحتواء (Nested)**: وهي التي تحدد المعالم المكانية الواقعة داخل مضلع ما، ويمكن أن تكون هذه المعالم عقدة أو سلسلة أو مضلعات.

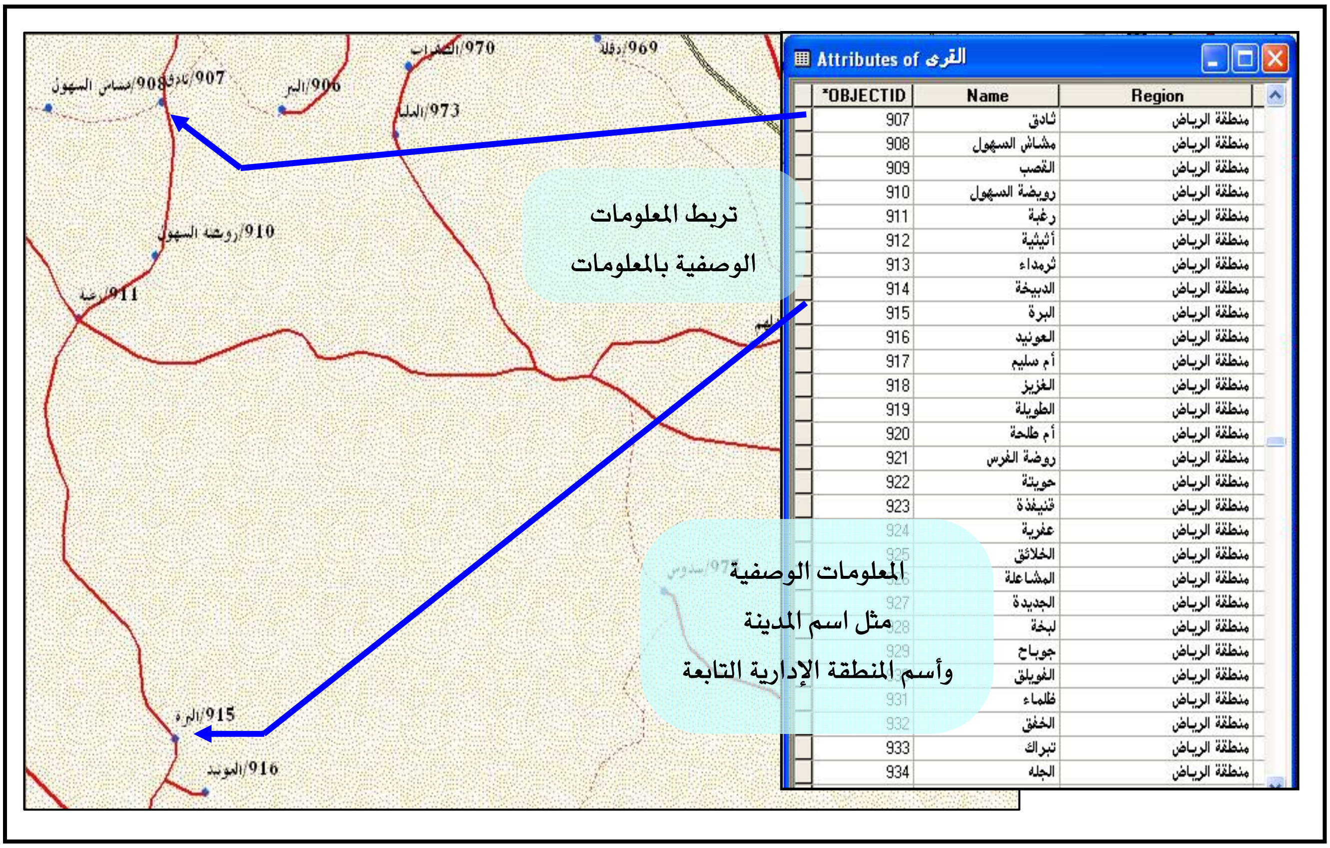
ونلخص في (جدول ٢- ٢) المكونات المكانية البسيطة بشكل هندسي أو بشكل طوبولوجي:

جدول (٢- ٢): المكونات البسيطة بشكل هندسي و طوبولوجي.

المكونات المكانية	عناصر معرفة بشكل هندسي		عناصر معرفة بشكل طوبولوجي	
عناصر نقطية (ذات بعد صفري)	نقطة		عقدة	
عناصر خطية (ذات بعد واحد)	قطعة مستقيم		وصلة موجهة (رابط)	
	خط منكسر		سلسلة	
	قوس		سلسلة قوس	
	خط منكسر مغلق		سلسلة كاملة (بداية بعقدة ونهاية بعقدة ومعرف المناطق على اليمن واليسار)	
عناصر مساحية (ذات بعدين)	مضلع مغلق		مضلع مكون من سلاسل	

٢- ٥ ربط المعلومات الوصفية بالمعلومات المكانية:

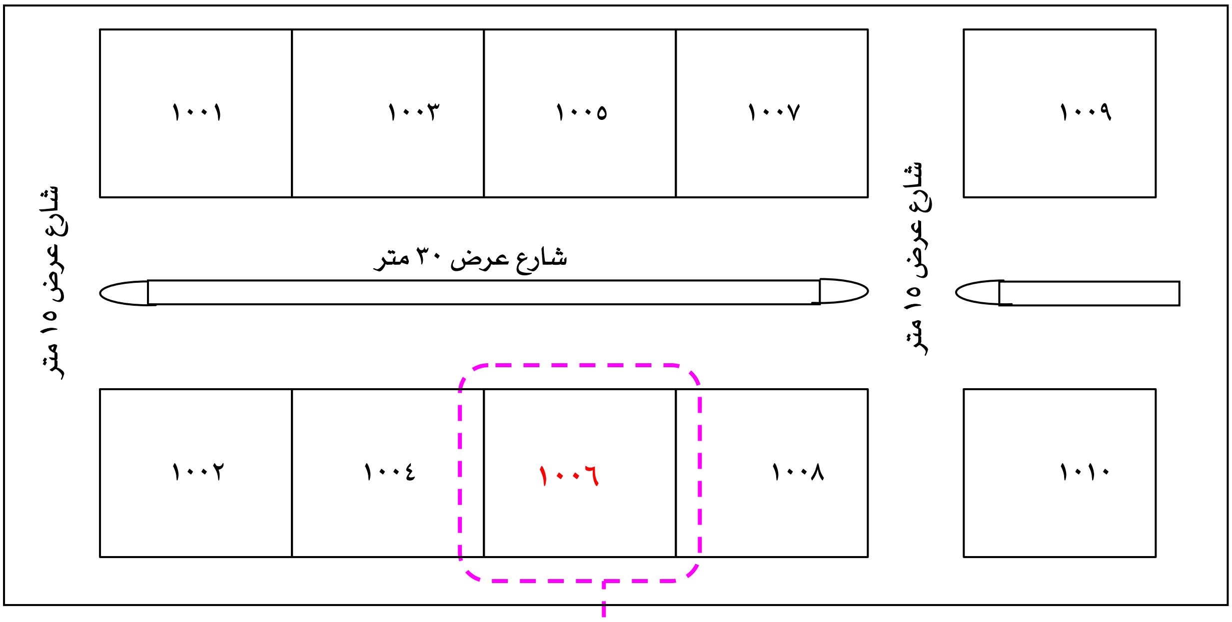
تستخدم أنظمة المعلومات الجغرافية قواعد البيانات (Database) لتخزين كل المعلومات الوصفية والمعلومات المكانية والعلاقات الطوبولوجية لمختلف المكونات المكانية، وهذا ما يسمح بمعالجة متكاملة لهذه المعلومات ويعطي إمكانات كبيرة للتحليل المكاني، واستنتاج معلومات مرتبطة بجغرافية المكان، حيث يعطى كل عنصر رقماً للتعريف أو ما يسمى (ID or Identifier or Object ID) وهو يلعب دور المفتاح الأولي في بنية البيانات المكانية ، حيث يكون لكل معلم أو عنصر رقم تعريفي خاص و لا يتكرر مع أي معلم آخر، وكمثال في (شكل ٢- ٩) أي قرية لها رقم تعريفي يربطها بمعلومات وصفية في الجدول.



شكل (٢- ٩): ربط المعلومات المكانية بالمعلومات الوصفية برقم تعريفيID.

ولتوضيح ذلك نأخذ مثالاً بسيطاً، لنفرض أن لدينا عدة أراض في منطقة ما (الشكل ٢- ١٠)، لكل قطعة أرض رقم تعريفي (١٠٠١، ١٠٠٢، ١٠٠٣...) وكل أرض لها نظام بناء أو اشتراطات البناء حسب الموقع الجغرافي في المدينة (نظام البناء المقصود به مثلاً عدد الأدوار و ارتفاع المبنى وجودة تشطيب واجهات البناء) و نوع الاستخدام ومعلومات وصفية أخرى، وخزنت كل هذه المعلومات في جداول، فلو أردنا معرفة المعلومات الوصفية لأي أرض (مثلا أرض ١٠٠٦) فبمجرد معرفتنا رقمها التعريفي وبالرجوع إلى جدول المعلومات الوصفية نجد أن الاستخدامات المسموح بها في هذه الأرض هي تجاري، سكني، ومن اشتراطات البناء واجهات الحجر وهكذا.

خريطة الموقع الجغرافي للأراضي



جدول الأراضي

رمز القطعة	عدد الأضلاع	المساحة	اسم المنطقة	رقم المخطط
١٠٠١	٤	٩٠٠	حي الوادي	٢٥٠٧
١٠٠٢	٤	٧٥٠	النفل	٣٢٥٤
١٠٠٣	٤	٩٠٠	حي الوادي	٢٥٠٧
١٠٠٤	٤	٧٥٠	النفل	٣٢٥٤
١٠٠٥	٤	٩٠٠	حي الوادي	٢٥٠٧
١٠٠٦	٤	٧٥٠	النفل	٣٢٥٤
١٠٠٧	٤	٩٠٠	حي	٢٥٠٧

جدول المعلومات الوصفية للأراضي

رمز القطعة	عدد الأدوار	الاستخدامات	تشطيبات الواجهة
١٠٠١	٤	تجاري/سكني	حجر
١٠٠٢	٢	تجاري/سكني	عادي
١٠٠٣	٤	تجاري/سكني	حجر
١٠٠٤	٢	تجاري/سكني	عادي
١٠٠٥	٤	تجاري/سكني	حجر

شكل (٢- ١٠): مثال على ربط المعلومات الوصفية والمعلومات المكانية.

٢- ٦ ربط المعلومات بالمواقع الجغرافية:

ترتبط عملية نجاح نظم المعلومات الجغرافية بدرجة دقة المعلومة ونوعيتها، ومن أنواع الدقة المطلوبة دقة مطابقتها مع الموقع الحقيقي للمعلومة على الأرض.

إن اختيار المرجعية الأرضية المناسبة (Geo-references) و نظام الإحداثيات (Coordinate System) والإسقاط (Projections) المناسبين يلعب دوراً مهماً في تصميم وإعداد نظم المعلومات الجغرافية، فالقياسات والمساحات والمواصفات العددية للمعالم الجغرافية المختلفة من حيث الامتداد والاتساع والارتفاع إلى جانب ربطها بموقعها الجغرافي الحقيقي على سطح الأرض هي أحد متطلبات نظم المعلومات الجغرافية. ويمكننا القول بشكل عام إنَّ جودة النتائج من النظام تتعلق بالطرق المستخدمة لتحديد الموقع المكاني الصحيح للمعلومة.

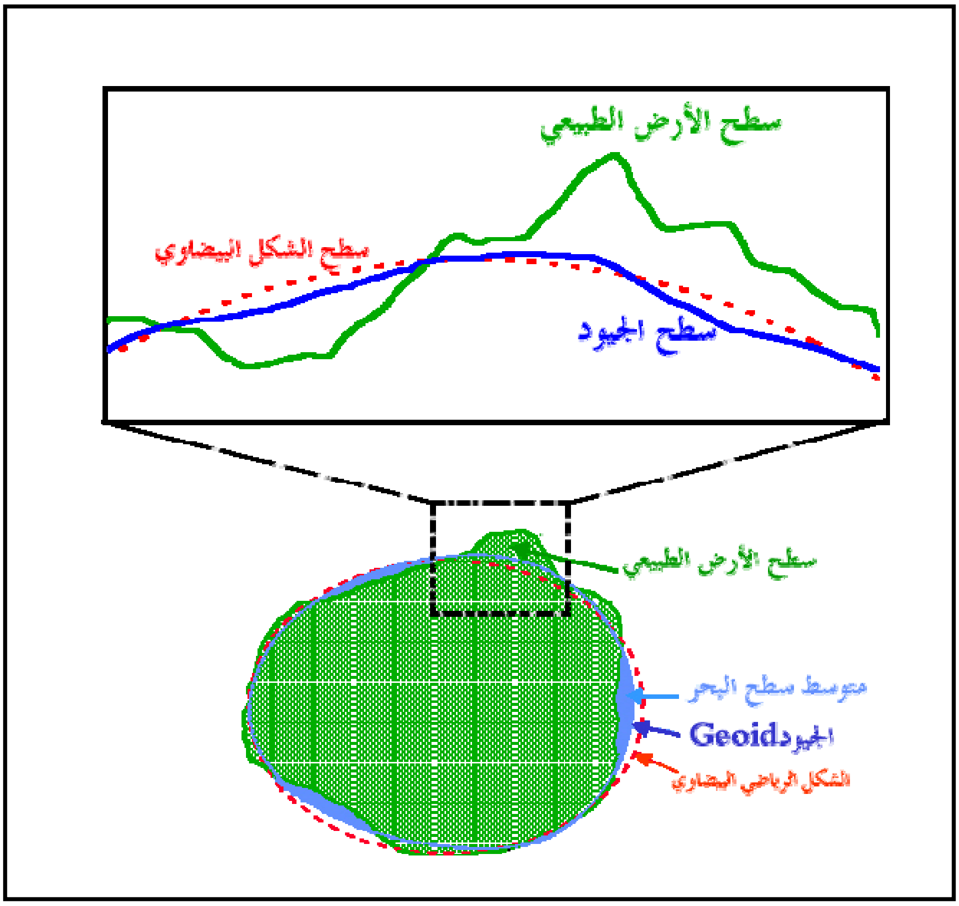
والمرجعية الأرضية هي طريقة أو وسيلة تمكننا من تحديد موقع معلم وتميزه عن موقع معلم آخر ، ومثال ذلك العنوان ، فمجرد معرفة عنوان منزل يمكننا تمييزه في الطبيعة مثل الرياض ٢٥ طريق الملك فهد، وبالتالي يمكننا الوصول إليه. ومثال آخر رقم صندوق البريد مثلاً :(ص ب ٢٢٠٩٣ الرياض ١١٤٩٥) الذي يسمح بتوصيل البريد إلى مكان محدد ومميز عن غيره. والمثال الأكثر وضوحاً أو تحديداً لمكان ما في الكرة الأرضية هو جُمَلْ الإحداثيات، وفيما يلي نتطرق لكل من مفهوم المرجعية الأرضية (Geo-References) نظام الإحداثيات(Coordinate System) و المساقط الجغرافية (Projections) بشيء من الإيضاح.

٢- ٦- ١ نظام الإحداثيات (Coordinate System):

يعتبر الإلمام بنظم الإحداثيات المختلفة كالإحداثيات الجيوديسية، والإحداثيات الوطنية، والإحداثيات الجغرافية الحقيقية من الأمور العلمية المهمة في مجال نظم المعلومات الجغرافية، وذلك لتسهيل التعامل مع المواقع الحقيقية للمعلومات وطرق التحويل من نظام إحداثي إلى آخر والإلمام بالتغيرات التي يمكن أن تطرأ على شكل الظواهر الجغرافية نتيجة النظام الإحداثي. فعند تصميم نظام جغرافي لا بد أن نحدد النظام الإحداثي المراد استخدامه في النظام بحيث يلبي احتياجات النظام، وبذلك يكون النظام مربوطاً بنظام إحداثي موحد لجميع المعلومات المراد إدخالها فيه.

ويستخدم نظام الإحداثيات كوسيلة أو طريقة لتحديد مكان معلم ما في منطقة ما باستخدام أرقام عددية، ولذا عرف نظام الإحداثيات بأنه مجموعة من القيم العددية توضح موقعاً ما بالنسبة للنظام الإحداثي.

والفرضية الأولى في نظم الإحداثيات هي تمثيل شكل الأرض غير المنتظم و غير المعرف إلى شكل معرف وهو ما يعرف "بالجيود" (Geoid) وهو شكل الأرض المعتمد في العلوم المساحية والجيوديسية وعلم الخرائط، وهو شكل فيزيائي يعرف بسطح متعامد في جميع نقاطه على اتجاه الجاذبية الأرضية ويمر في متوسط سطح البحار. وهو قريب من الشكل البيضاوي (Ellipsoid) حيث يكون مسطحاً عند القطبين ومنبعجاً عند الاستواء (شكل ٢- ١١)، لذا فإنه في العمليات الحسابية يعوض عنه بشكل بيضاوي رياضي لتسهيل عملية الحسابات.

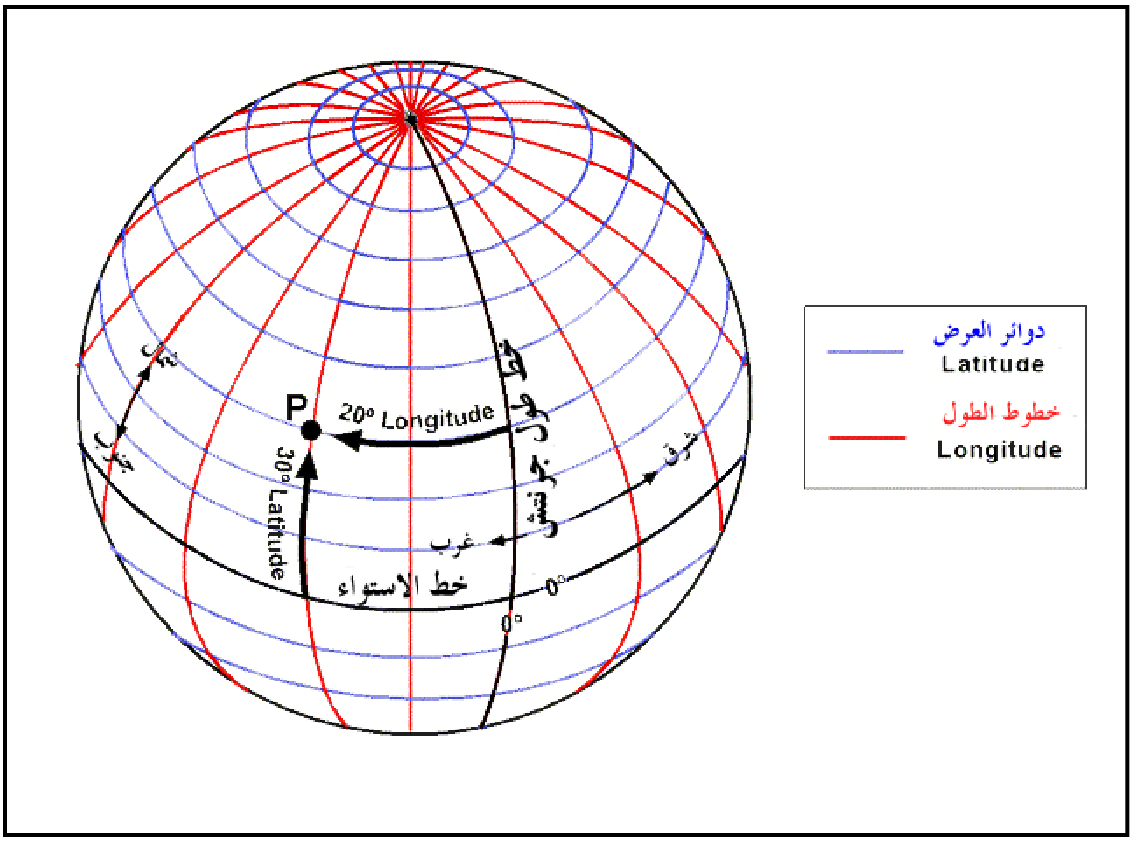


شكل (٢- ١١): الجيود وتمثيل سطح الأرض المتعرج.

هناك نمطان من أنظمة الإحداثيات هما: الإحداثيات الكروية أو الأرضية، والإحداثيات المستوية.

فالإحداثيات الكروية (Global Coordinates) تعتمد على أن الكرة الأرضية كروية الشكل، ثم اعتمدت خطوط الطول ودوائر العرض الوهمية لسطح الكرة الأرضية، حيث قسمت الكرة

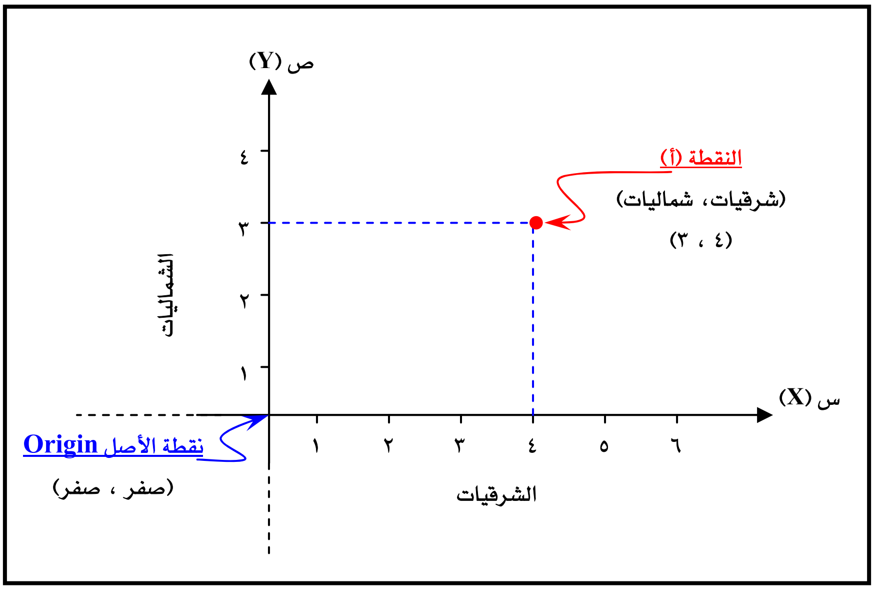
الأرضية إلى خطوط طول تمر بالقطبين الشمالي والجنوبي بعدد ٣٦٠ خط كل منها يقابل درجة طولية واحدة، مقسومة إلى نصفين احدهما شرقي والآخر غربي ويحتوي كل نصف على ١٨٠ خط طول، ويبدأ الترقيم من خط "جرينتش" (Meridian) الذي يحتل الرقم صفر ومنه يتم الترقيم للخطوط من ١- ١٨٠شرقا و١- ١٨٠غربا. وتم تقسيم الكرة الأرضية إلى نصفين أحدهما شمالي والآخر جنوبي ويحتوي كل منهما على ٩٠ دائرة عرض يفصلهما خط الاستواء (Equator) الذي يحتل الترقيم صفر، مع ملاحظة أن دائرتي العرض رقم ٩٠ شمالا و٩٠ جنوبا تعتبران نقطة تمثل القطبين الشمالي والجنوبي، وأن خطوط الطول ليست دائرة كاملة لذلك تسمى خطوط أما دوائر العرض فهي عبارة عن دوائر كاملة لذا تسمى دوائر عرض (شكل ٢- ١٢). وغالبا ما يستخدم هذا النمط من الإحداثيات في الخرائط أو الصور التي تغطي مساحات كبيرة وذات مقياس رسم صغير، ويطلق على هذا النمط من الإحداثيات الإحداثيات الجغرافية الحقيقية أي إحداثيات الموقع الحقيقي بالنسبة لسطح الأرض الكروي الحقيقي على هيئة قراءات لخطوط الطول ودوائر العرض.



شكل (٢- ١٢): نظام الإحداثيات الكروية.

و أما الإحداثيات المستوية (Cartesian Coordinates) فتعتمد على وجود محورين سيني (س- X) وصادي (ص- Y) يلتقيان نقطة الأصل (Origin) والتي تحمل قيمة صفر في الاتجاهين، ويأخذ

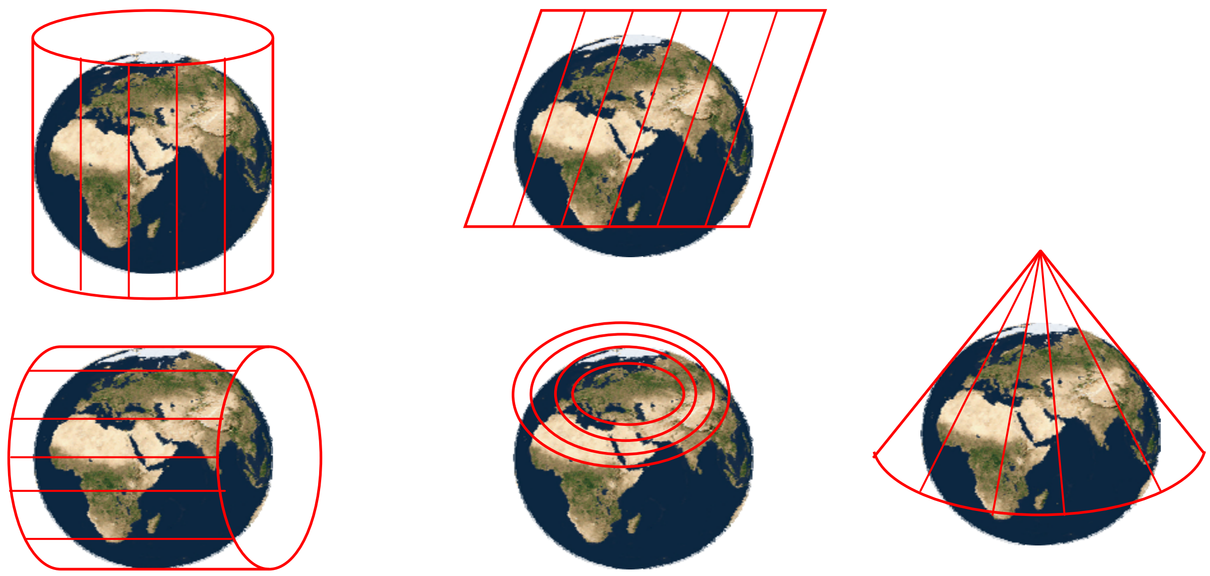
المحور السيني اتجاها أفقياً نحو الشرق (يمين) وتسمى القيم عليه (الشرقيات) أما المحور الصادي فيأخذ اتجاهاً رأسياً نحو الشمال (أعلى) وتسمى القيم (شماليات) وتقرأ الإحداثيات الشرقية قبل الشمالية مثل (نقطة أ =شرقيات، شماليات) وغالبا ما يستخدم هذا النمط من الإحداثيات في الخرائط ذات المقياس الكبير جداً والتي تغطي مساحات صغيرة (شكل ٢- ١٣).



شكل (٢- ١٣): مثال على نظام الإحداثيات المستوية.

٢- ٦- ٢ مساقط الخرائط (Projections):

تلعب مساقط الخرائط دوراً فعالاً في مجال نظم المعلومات الجغرافية وخاصة في المخرجات، و المقصود بمساقط الخرائط أنها وسيلة رياضية وهندسية يتم بواسطتها تحويل شكل الكرة الأرضية البيضاوي إلى شكل مستو معرف هندسياً. وبما أنَّ الشكل البيضاوي غير قابل للفرد أو النشر دون تمزق أو حدوث تشوهات، فينتج عن هذا الإسقاط تشوهات في الشكل أوفي المساحات الحقيقية أو في المسافات الحقيقية أو في الاتجاهات الحقيقية. وهنالك عدة أنواع من المساقط، وكل نوع يعتمد على شكل هندسي مختلف كوسيط لتمثيل سطح الأرض، فمنها ما يستخدم الشكل الأسطواني أو المخروط أو السطح المستوي أو أشكالاً معرفة ومعدلة هندسياً لتناسب سطح الأرض (شكل ٢- ١٤).



شكل (٢- ١٤): بعض أنواع المساقط المشهورة.

وهنالك أسس يتم على أساسها تحديد نوع المسقط المناسب ومن أهمها:

اختيار المسقط على أساس موقع المنطقة:

هنالك علاقة وثيقة بين موقع المنطقة جغرافياً على الكرة الأرضية والمسقط المستخدم، فعند تمثيل منطقة استوائية على خريطة يكون المسقط الأسطواني اختياراً ملائماً، إذ يمثل خط الاستواء على الخريطة مساوياً لطوله الأصلي على الأرض ويكون شكله مستقيماً، ولكن عند تمثيل منطقة بين خط الاستواء وأحد القطبين يكون المسقط المخروطي أنسب، إذ يمثل كل دائرة عرض على الخريطة مطابقا لطولها الأصلي على الأرض.

اختيار المسقط على أساس غرض الخريطة:

كما ذكرنا سابقا بأن المساقط تحدث تشوهات في الأطوال أو الزوايا أو الاتجاهات أو المساحات، وعلى هذا فإن الغرض من الخريطة يحدد نوع المسقط المراد استخدامه، فمثلاً في خرائط التوزيعات لا بد من مراعاة صحة المساحات فيجب استخدام مساقط تحافظ على المساحات، وهكذا بالنسبة للأطوال أو الاتجاهات.

اختيار المسقط على أساس اتساع المنطقة المغطاة أو شكلها:

إن تحديد المسقط المطلوب لرسم منطقة صغيرة بمقياس صغير لا يؤثر كثيرا على الشكل الناتج لأن معظم المساقط تؤدي إلى أشكال متفاوتة وكلما زاد اتساع المنطقة كلما اتضحت الحاجة إلى تحديد خصائص المسقط، فمثلا عند رسم جزء من قارة أفريقيا بمسقط يناسبها ثم رسمنا القارة كاملة و المناطق المحيط بها بنفس المسقط لوجد أن الفروق في الأشكال الجغرافية قد زادت واتضحت.

نظم المعلومات الجغرافية

بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية

بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية

٣

بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية

الجدارة:

القدرة على بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

١- يتعرف على مفهوم التصميم.

٢- يتعرف على أنواع العلاقات بين المعلومات.

٣- يتعرف على أنواع بنى قواعد المعلومات.

٤- يبني قاعدة معلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

متطلبات الجدارة:

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب صورة متكاملة عن بناء قاعدة المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

مستوى الأداء:

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ في معرفة بناء قاعدة المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

الوسائل المساعدة:

- جهاز الحاسب الآلي لعرض الأمثلة والبرامج والمعلومات.

بناء قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية

٣- ١ مقدمة:

إن العقبة الأولى في إنشاء نظام المعلومات الجغرافي هي تسويق فكرة النظام، وأفضل طريقة لتسويق النظام هو مبدأ "التطبيق مبرر إنشاء النظام"، فبفهم متطلبات المؤسسات والقطاعات المعنية يمكن إيجاد نظام معلومات جغرافي يلبي هذه التطبيقات.

و تتسم مرحلة التحضير والإعداد المناسب لقاعدة المعلومات بالوقت الطويل والتكلفة الباهظة، حيث إن تصميم وبناء قاعدة المعلومات تحقق الأهداف المرجوة من النظام وتُعد من أهم مراحل تنفيذ مشاريع نظم المعلومات الجغرافية، ولذا يجب تصميم هذه القاعدة بشكل جيد ومتقن لتلبي احتياجات النظام الحالية و التوسعية في المستقبل بما لا يعارض التكلفة الإجمالية للمشروع، ومن المؤكد أن الوقت الذي يتطلبه بناء قاعدة المعلومات لنظام معلومات جغرافي يفوق بكثير ما هو مطلوب للمراحل الأخرى الداخلة في بناء النظام بكامله، ويقدر هذا الوقت والتكلفة بنحو ٦٠٪ إلى ٨٠٪ من عملية بناء وتشغيل النظام.

ولا يجب أن تقابل صعوبة وارتفاع تكاليف عملية البناء لقاعدة المعلومات بالتهاون والتسرع والقفز عن المعايير السليمة، وذلك لأن الحذف الخطأ لبعض الوقت اللازم وبعض التكاليف الضرورية لعملية البناء السليم سيؤدي حتما إلى تخفيض معتبر في فعالية النظام بكامله وربما إلى فشله. وفي المقابل إن البناء السليم والمتكامل والشامل والمحقق لمستويات الدقة المطلوبة ومرونة الاستعمال والتطوير سوف يؤدي بالضرورة إلى زيادة فعالية النظام وتخفيض معتبر للنفقات. وإن تصحيح خطأ معين في النظام بعد إتمام عملية البناء لقاعدة المعلومات قد يتطلب ما يفوق بكثير الفرق في الوقت والتكاليف بين عملية بناء سليمة وأخرى متسرعة وغير دقيقة.

وعرفت قاعدة البيانات بأنها مجموعة من البيانات المرتبة والمخزنة وفق نظام أو بنية محددة، لذا فإن تصميم قاعدة المعلومات يشمل التصميم الفيزيائي والتصميم المنطقي لها، بحيث يتضمن التصميم الفيزيائي تحديد كيفية ومكان تخزين البيانات ضمن نظام ملفات محدد، إضافة إلى اعتبارات أخرى مثل توزيع البيانات على وسائط التخزين وسعات التخزين المطلوبة والنسخ الاحتياطي (مع الأخذ بالاعتبار الحالات الطارئة مثل عطب وحدات التخزين الرئيسة أو انقطاع الكهرباء المفاجئ).

أما التصميم المنطقي لقواعد المعلومات فيبدأ عادة بتحليل البيانات والمعطيات للوصول إلى نموذج افتراضي للعلاقات بين مجموعات من البيانات، حيث يتم تحديد المجموعات الرئيسة للبيانات، كأن يحدد مثلاً أن قاعدة للمعلومات ستحتوي على بيانات عن المدن والحدائق والفنادق، وكل منها يحدد

بمجموعة مستقلة، فلدينا مجموعة المدن ومجموعة الفنادق ومجموعة الحدائق، ثم تحدد البيانات التي ستخزن لكل عنصر من عناصر المجموعة، فمثلاً بالنسبة لمجموعة الفنادق سيتم تخزين لكل عنصر منها أي لكل فندق، المدينة، الحي، الاسم، عدد الغرف، تصنيف الفندق، اسم الشركة المالكة، رقم هاتف الفندق، سعر الغرف ...الخ.

وكذلك يمكن تخزين معلومات كل مجموعة في عدد من الجداول، فمثلاً تصنيف الفندق يكون في جداول ويربط برقم رمزي للتصنيف، وكذلك الموقع يربط برقم رمزي للمدينة (شكل ٣- ١) وذلك لتقليل حجم التخزين المطلوب ولعدم تكرار المعلومات في كل سجل.

جدول مجموعة المدن

رمز المدينة	أسم المدينة	تصنيف المدينة	الكثافة السكانية
١	الرياض	١١	٦مليون
٢	مكة	٢٢	٤مليون
٣	المدينة	٢٢	٣,٥مليو

جدول مجموعة الفنادق

رمز الفندق	أسم الفندق	رمز المدينة	رمز الحي	عدد الغرف	تصنيف الفندق
٠١٢٥	ماريوت	١	١٠٢٥	٢٥٥	١
٠١٢٦	هيلتون	٢	٢٠٥٢	٤٢٣	٢

جدول تصنيف الفنادق

رمز التصنيف	وصف التصنيف
١	فندق خمس نجوم
٢	فندق أربع نجوم
٣	فندق ثلاث نجوم

شكل (٣- ١): تخزين المعلومات للمجموعة الواحدة في عدة جداول.

٣- ٢ ربط المعلومات (Data Link):

إن مفهوم العلاقة والتواصل والربط بين الأشياء قديم، حيث توصل إليها الإنسان من خلال تجاربه وخبرته، فالقرابة والجوار والصداقة هي أمثلة على العلاقات بين مجموعة من الأشخاص. والعلاقة يمكن أن تكون بين مجموعتين أو أكثر، مثل مجموعة الفنادق الموجودة في المملكة العربية السعودية ومجموعة المدن السعودية، فعلاقة الفنادق مع المدن هي علاقة انتماء، أي في مجموعة الفنادق مثلاً يحفظ اسم الفندق مع معلومات عنه مثل درجة الفندق ورقم الهاتف وعدد الغرف. وفي مجموعة المدن يحفظ اسم المدينة و المنطقة الإدارية التابعة لها و الكثافة السكانية فيها وهكذا، فنقول إن الفندق (هيلتون) في مجموعة الفنادق ينتمي إلى مدينة (الرياض) في مجموعة المدن (شكل ٣- ٢).

مجموعة الفنادق في المملكة العربية السعودية

رمز الفندق	أسم الفندق	درجة الفندق	عدد الغرف	المدينة التابع لها
٢٠٣٦	أبراج مكة	٥ نجوم	٣٠٠ غرفة	مكة
١٠١٢	هيلتون	٥ نجوم	٢٢٥ غرفة	الرياض
٣٢١٥	ميريديان	٤ نجوم	٢٠٠ غرفة	الخبر

مجموعة المدن في المملكة العربية السعودية

رمز المدينة	أسم المدينة	المنطقة الإدارية	الكثافة السكانية
٠١	الرياض	منطقة الرياض	٤,٥ مليون
٠٢	مكة	منطقة مكة	٢,٣ مليون

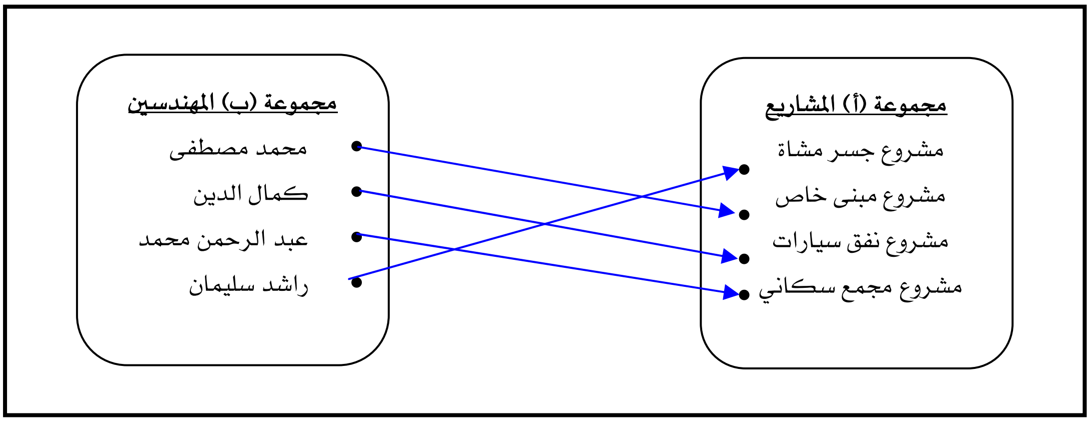
شكل (٣- ٢): مفهوم ربط المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٣- ٢- ١ أنواع العلاقات:

و ربط المعلومات يمكن أن يكون بأحد الأشكال التالية:

- **علاقة عنصر بعنصر (One to one):**

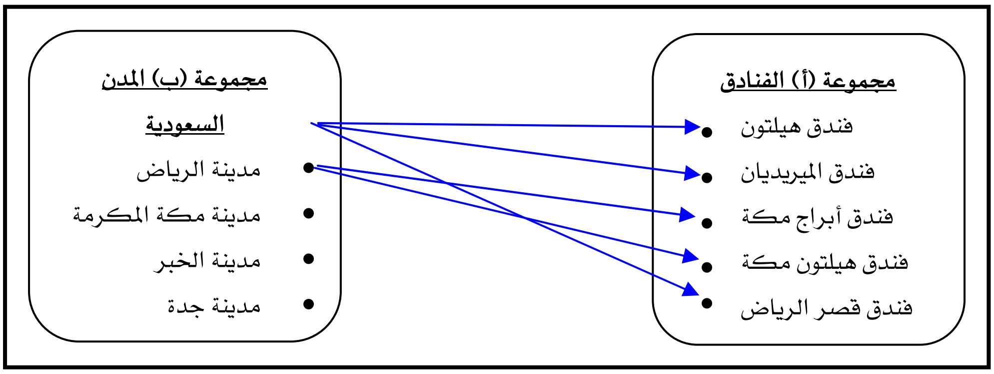
حيث يرتبط كل عنصر من المجموعة الأولى بعنصر واحد من المجموعة الثانية؛ لنفرض أن مجموعة (أ) عبارة عن المشاريع القائمة الآن لشركة معينة ومجموعة (ب) عبارة عن المهندسين العاملين في هذه الشركة، وتريد الشركة أن يشرف كل مهندس واحد فقط على مشروع واحد فقط، فتكون العلاقة واحد إلى واحد أي كل مهندس يشرف على مشروع واحد(شكل ٣- ٣).



شكل (٣- ٣): ربط عنصر بعنصر في نظم المعلومات الجغرافية.

- **علاقة عنصر بعدة عناصر (One to many):**

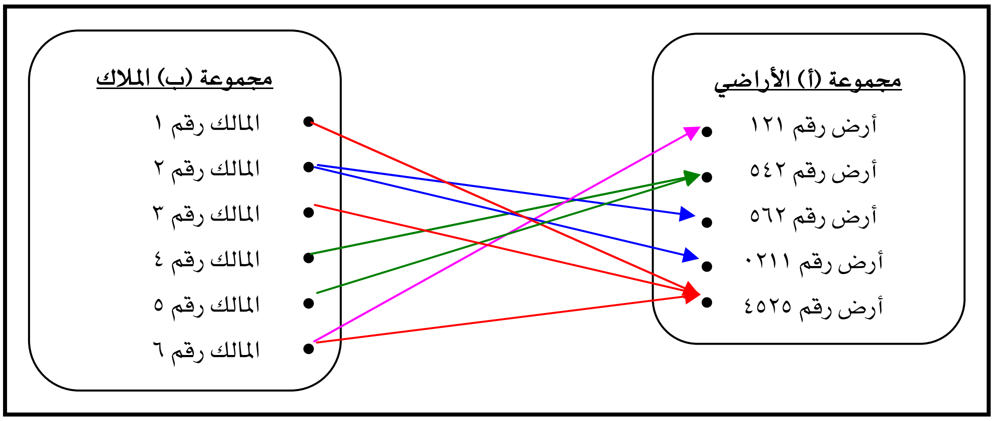
وهي علاقة تربط عنصراً من المجموعة الأولى مع عدة عناصر من المجموعة الثانية، ومثال ذلك ونفس المثال الذي ذكرناه عن الفنادق والمدن، فمن المدينة فيها أكثر من فندق ولذا فإن عدداً من العناصر في مجموعة الفنادق ترتبط بمدينة واحدة في مجموعة المدن (شكل ٣- ٤).



شكل (٣- ٤): ربط عنصر بعدة عناصر في نظم المعلومات الجغرافية.

- **علاقة عدة عناصر بعدة عناصر (many to many):**

وهي علاقة تربط بين كل عنصر من المجموعة الأولى مع عنصر أو عدة عناصر من المجموعة الثانية، كما يمكن أن يرتبط كل عنصر من المجموعة الثانية مع عنصر أو عدة عناصر من المجموعة الأولى، ومثال ذلك، المجموعة (أ) عناصرها هي بيانات الأراضي، و المجموعة (ب) عبارة عن اسم الملاك. فالعلاقة هنا هي أن المالك يملك القطعة رقم (١) مثلاً. ففي الإمكان أن يمتلك شخص واحد أو عدة أشخاص قطعة أرض واحدة وفي المقابل قد يكون للشخص الواحد أكثر من قطعة أرض (شكل ٣- ٥).



شكل (٣- ٥): علاقة عدة عناصر بعدة عناصر.

٣-٣ بنى قواعد البيانات (Database Structure):

بعد أن تعرفنا على مفهوم العلاقات وربط المعلومات وأنواع العلاقات، نتطرق الآن إلى بنية قواعد المعلومات في أنظمة المعلومات الجغرافية، حيث إن ترتيب البيانات وفق بنية مختارة ومصممة بعناية له فوائد عديدة منها:

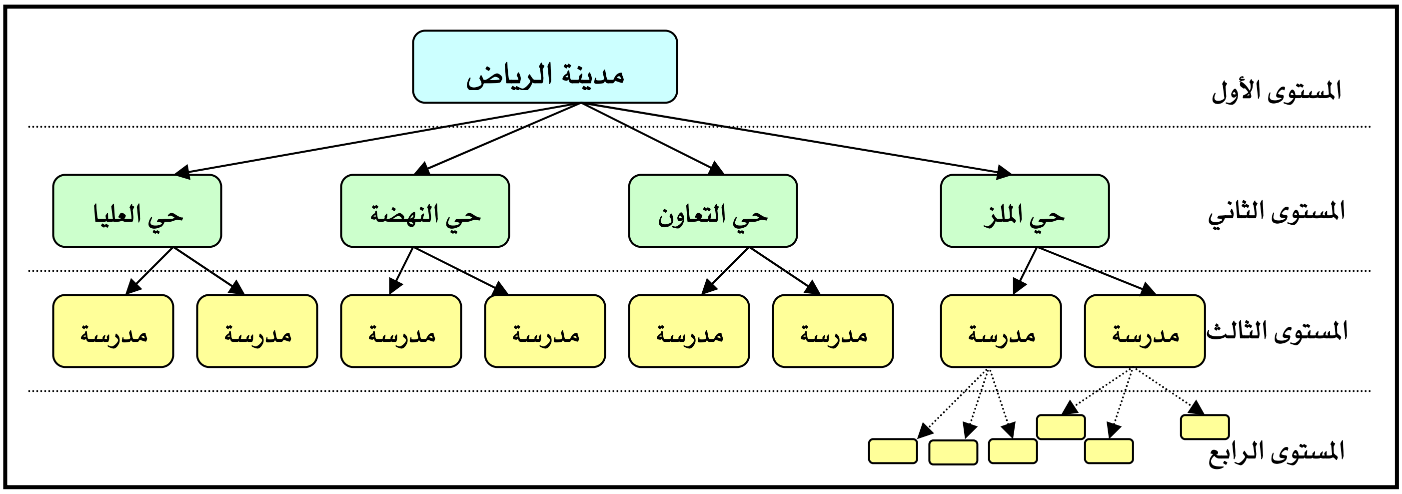
- سرعة الوصول إلى البيانات بغية استخدامها أو تحريرها.
- تخزين البيانات ذات الصفة الواحدة التي يمكن استخدامها وتحريرها بسهولة.
- الإقلال من تكرار البيانات (أو ما يسمى البيانات الفائضة) في التخزين مما يقلل حجم التخزين الكلي.
- إتاحة الطرق لصيانة أجزاء من قاعدة البيانات دون الأخرى.
- المرونة حيث يمكن استخدام البيانات لأغراض لم يتم التخطيط لها في مرحلة تصميم المشروع.
- سهولة استخدام البيانات في برمجيات وتطبيقات أخرى.
- المركزية في إدارة البيانات التي تؤمن حصول المستخدمين على نفس البيانات رغم التعديلات والإضافة والحذف المتكررة والمتزامنة.
- إمكانية أكبر و أوسع في حجب بعض البيانات عن بعض المستخدمين.

وعملياً تتفق معظم قواعد المعلومات الجغرافية في أسلوب تصميمها و بنيتها في ثلاثة عناصر رئيسة:

البنية الهرمية (Hierarchical Structure):

وهي بنية يتم فيها ترتيب المعلومات حسب أهميتها، وهذه البنية تشبه الشكل الهرمي ويبنى على مبدأ (الأب والابن) فيتفرع من المستوى الأول (وهو مستوى الأب) عدة بيانات (وهي مستوى الابن) ويتفرع من المستوى الثاني (الابن أصبح أباً) عدة بيانات وهكذا.

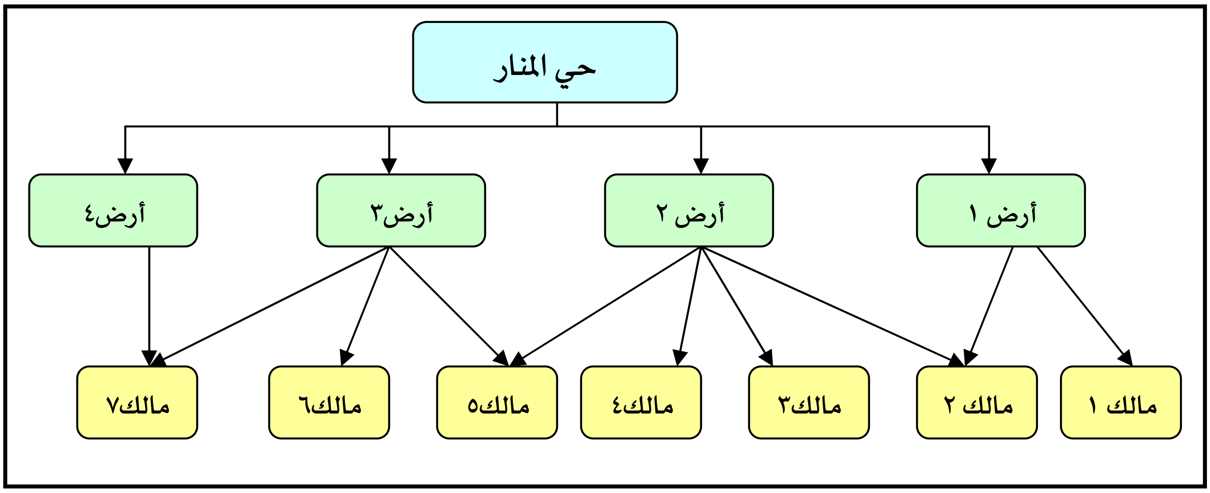
وفي (الشكل ٤- ٦) مثال على البنية الهرمية، حيث المستوى الأول هو الأب (المدينة الرياض)، والمستوى الثاني وهو الأبناء (الأحياء مدينة الرياض)، والمستوى الثالث وهو أبناء الأبناء (المدارس في كل حي) وهكذا... وتتناسب هذه البنية مع العلاقات من نوع (عنصر بعدة عناصر) التي سبق شرحها في الوحدة السابقة، ولكنه لا يمكن استخدام البنية الهرمية مع علاقة (عدة عناصر بعدة عناصر) دون تكرار البيانات وهي من مساوئ هذه البنية، كما أن إجراء عملية الصيانة أو توسعة القاعدة يتطلب إجراء تعديلات مكثفة لذا لم ينتشر استخدامها في تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية إلا في بعض التطبيقات الخاصة جداً والقليلة.



شكل (٣- ٦): البنية الهرمية لقاعدة المعلومات الجغرافية.

البنية **الشبكية (Network Structure)**:

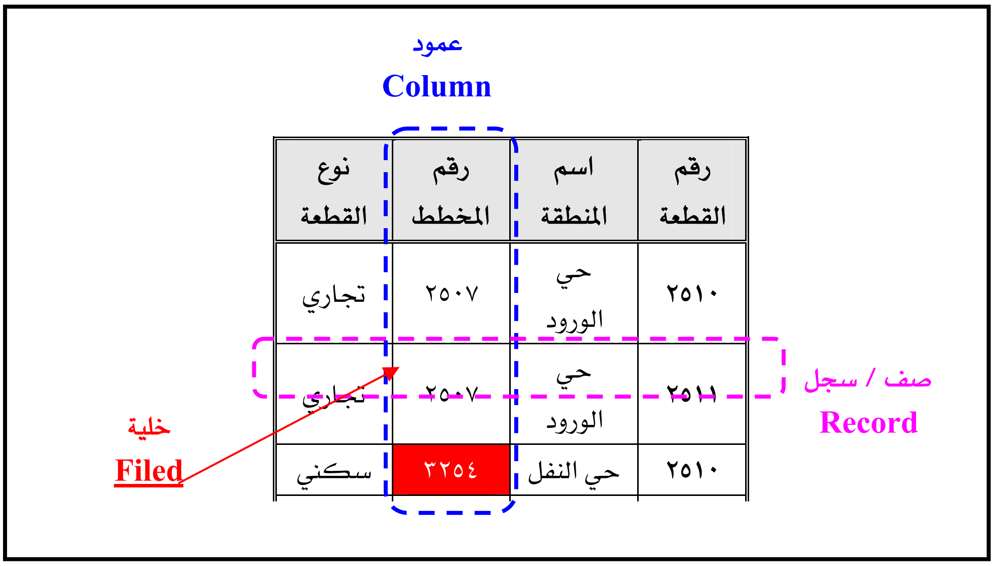
الاختلاف الأساسي بين البنية الشبكية و البنية الهرمية هو أنه في البنية الشبكية يمكن ربط الابن بأكثر من أب وربط الأبناء ببعضهم، أي يمكننا في البنية الشبكية ربط عنصر من مستوى أدنى بعدة عناصر من مستوى أعلى كما يمكن ربط عنصر بعدة عناصر بنفس المستوى، ويكون الشكل أقرب ما يكون إلى شبكة معقدة من الروابط. ويمكن استخدام أي نوع من العلاقات السابق ذكرها في الوحدة السابقة وهي (عنصر بعنصر، عنصر بعدة عناصر، عدة عناصر بعدة عناصر) في البنية الشبكية. والبنية الشبكية صعبة التشكيل ويتطلب استخدام هذه البنية خبرة أكثر، ولهذا ظل استخدامها محدوداً في نظم المعلومات الجغرافية (شكل ٣- ٧).



شكل (٣- ٧): البنية الشبكية لقاعدة المعلومات الجغرافية.

البنية الارتباطية أو الجدولية (Relational Structure):

تعتمد البنية الارتباطية على ترتيب البيانات ضمن جداول، والجداول هي وحدة التخزين الأساسية، وأي صف من الصفوف في الجدول يحوي كافة البيانات الخاصة بأحد العناصر في الجدول ويسمى سجلاً (Record)، وأي عمود من الجدول يعطي بيانات من نوع واحد أو خاصية واحدة لجميع العناصر ويسمى عموداً (Column) وطبيعة البيانات في عمود واحد تكون واحدة (مثل عدد صحيح أو اسم وغيره) ونسمي تقاطع الصف مع العمود بالحقل (Filed) أو خلية وهي تحوي معلومة عن عنصر محدد مثل اسم رقم المخطط (شكل ٣- ٨). وترتبط هذه الجداول مع بعضها عن طريق ما يسمى بالمفتاح الأولي (Primary Key).



شكل (٣- ٨): السجل و العمود والخلية في جداول المعلومات.

٣- ٤ المفتاح الأولي (Primary Key):

يقال عن حقل أو مجموعة من الحقول معاً في صفوف جدول إنها تشكل مفتاحا أولياً للجدول إذا كانت القيمة في هذا الحقل أو مجموعة الحقول معاً متغيرة من صف آخر في الجدول، ولا تتطابق قيمها في هذا الحقل أو في هذه الحقول مجتمعة في أي صف من صفوف الجدول.

واستناداً على هذا المفهوم نقول إنه لا يمكن اعتبار "رقم القطعة" منفردا كمفتاح أولي للجدول المبين في (شكل ٣- ٨) لأن رقم القطعة يمكن أن يتكرر كما في الصف الأول والثالث من هذا الجدول حيث لدينا رقم القطعة "٢٥١٠"، لكننا إذا أمعنا النظر في الجدول يتبين لنا أنه إذا تطابق رقم القطعة في صفين مختلفين فإن كل قطعة أرض تكون في مخطط مغاير للآخر، وعلى ذلك يمكننا أن نقول إن المفتاح الأولي في هذا الجدول هو رقم القطعة ورقم المخطط معاً، بحيث لا يوجد في المخطط قطعتا أرض لهما نفس الرقم. وبذلك يكون هذا المفتاح الأولي خاص بمعلم واحد فقط لا يتكرر.

وعادة تفرض قيود واشتراطات على المفتاح الأولي من أهمها عدم التكرار، وأن لا يكون خالية القيمة أو ما يسمى (Null)، ففي المثال السابق إذا تركنا حقل رقم القطعة فارغاً أو تركنا حقل رقم المخطط فارغاً يختل تعريف العقار. وتتيح بعض البرامج والأنظمة المستخدمة حاليا سهولة في تصميم وفرض القيود على الجداول والمدخلات، ومثال ذلك اشتراط إدخال رقم تعريفي غير متكرر أو تحديد عدد الأحرف أو الأرقام المدخلة في خلية ما (مثل اسم العقار لا يتعدى ٢٥ حرفاً ورقماً).

ومن فوائد توسيع حقول المفتاح الأولي تقبل احتمالية تطابق الحقول في صفين متميزين ولكن لزيادة عدد حقول المفتاح الأولي سلبيات كثيرة إذ يؤدي إلى تكرار تسجيل البيانات في مختلف الجداول، كما سيصعب عمليات البحث عن بعض البيانات، ففي الغالب يحدد مفتاح أولي في حقل واحد لتسهيل ربط الجداول في قواعد المعلومات الكبيرة، فمثلاً يمكننا في المثال السابق أن نضيف حقلاً لرقم تعريفي ويمكننا أن يكون هذا الرقم ناتجاً عن دمج رقم المخطط ورقم القطعة ويكون هو الرقم التعريفي للقطعة، فإذا أردنا الإشارة لهذه القطعة في أي جدول آخر يكفي أن نذكر الرقم التعريفي لها فقط وبالتالي يربط بجميع معلومات هذه القطعة في الجداول الأخرى (شكل ٣- ٩).

الرقم التعريفي	رقم القطعة	اسم المنطقة	رقم المخطط	نوع القطعة
٢٥٠٧٢٥١٠	٢٥١٠	حي الورود	٢٥٠٧	تجاري
٢٥٠٧٢٥١١	٢٥١١	حي الورود	٢٥٠٧	تجاري
٣٢٥٤٢٥١٠	٢٥١٠	حي النفل	٣٢٥٤	سكني
٣٢٥٤٢٥١٣	٢٥١٣	حي النفل	٣٢٥٤	سكني
٣٢٥٤٢٥١٤	٢٥١٤	حي النفل	٣٢٥٤	سكني

لاحظ اختلاف الرقم التعريفي

شكل (٣- ٩): مثال على الرقم التعريفي لقطع الأراضي.

٣- ٤- ١ الوصلات العلائقية (Relational Joins):

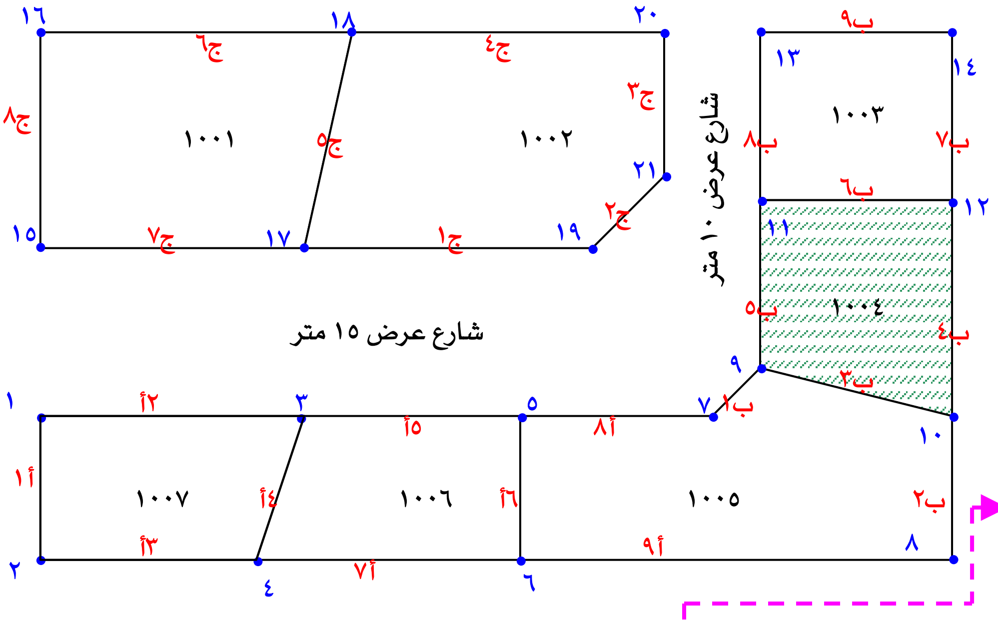
وهي تقنية ربط عناصر من جدول أول، أي مجموعة أولى من البيانات، مع عناصر جدول ثان ، أي مجموعة من البيانات، وذلك بعملية مقارنة أو مطابقة حقول في عمود أو عدة أعمدة من الجدول الأول مع مقابلاتها من الجدول الثاني، وغالباً ما تستخدم حقول المفتاح الأولي لعملية المقارنة أو المطابقة.

ونسمي الحقول في عمود أو أعمدة الجدول الثاني التي مقارنتها مع حقول عمود أو أعمدة الجدول الأولي بالمفتاح الدخيل، ويمكن أن تكون القيم في حقول مفتاح الدخيل مكررة. وبهذه الطريقة نتمكن من وصل عدة جداول بعضها ببعض للوصول إلى مختلف البيانات في هذه الجداول.

ولتوضيح ذلك نأخذ مثالاً بسيطاً، لنفرض أن لدينا عدة أراض في منطقة ما، لكل قطعة أرض رقم تعريفي (١٠٠١، ١٠٠٢، ١٠٠٣...) وكل أرض أيضاً محددة بأضلاع وأعطيت هذه الأضلاع رقماً تعريفياً خاصاً بها (١أ، ٢ب، ٢ج...) وكل ضلع له نقطة بداية ونقطة نهاية وعرفت هذه النقاط برقم

خاص بها (١، ٢، ٣، ٤ ...)، وخزنت كل هذه المعلومات في جداول، فالنقاط وإحداثياتها في جدول والسلاسل والنقاط التابعة لها في جدول، وجدول يخزن المعلومات عن الأراضي والأضلاع المحددة لها، وجدول آخر يربط الأرض بمعلومات وصفية كاسم المنطقة ورقم المخطط ونوع القطعة (سكني أو تجاري أو زراعي)، وكل هذه الجداول مربوطة مع بعضها عن طريق الرقم التعريفي (الشكل ٤- ١٠).

فلو أخذنا الأرض ذات الرقم التعريفي (١٠٠٤) من المخطط نجد أن لها معلومات عنها في جدول المضلعات، حيث ذكر فيه عدد الأضلاع و أرقام الأضلاع، وإذا أخذنا رقم ضلع معين منها مثلاً (ب٣) وهو يعد مفتاحاً دخيلاً لجدول المضلعات بحيث نجد أن هذا الرقم التعريفي يرشدنا إلى جدول الأضلاع بحيث يعطينا معلومات عن الضلع نفسه و يحدد نقاط البداية ونقاط النهاية له والمضلعات المجاورة له، ولو أخذنا رقم النقطة من هذا الضلع مثلاً (١٠) فسوف ترشدنا إلى جدول النقاط بحيث يعطينا إحداثيات النقطة نفسها، ونلاحظ من خلال الترابط هذا أن أي تعديل في معلومات نقطة معينة يؤثر على الضلع أو أكثر وبالتالي يؤثر على المضلعات. ومن فوائد هذا الطريق أيضاً التقليل في حجم تخزين المعلومات وعدم تكرار المعلومات أو ما يسمى بالمعلومات الفائضة.



جدول النقاط

رقم النقطة	X	Y
١	X1	Y1
٢	X2	Y2
٣	X3	Y3
٤	X4	Y4
٥	X5	Y5
٦	X6	Y6
٧	X7	Y7
٨	X8	Y8
٩	X9	Y9
١٠	X10	Y10
١١	X11	Y11
١٢	X12	Y12
:	:	:

جدول المضلعات

رمز القطعة	عدد الأضلاع	أرقام الأضلاع
١٠٠١	٤	ج٥، ج٦، ج٧، ج٨
١٠٠٢	٥	ج١، ج٢، ج٣، ج٤، ج٥
١٠٠٣	٤	ب٦، ب٧، ب٨، ب٩
١٠٠٤	٤	ب٣، ب٤، ب٥، ب٦
١٠٠٥	٦	أ٩، أ٨، أ٦، ب١، ب٢، ب ٣
١٠٠٦	٤	أ٤، أ٥، أ٦، أ٧

جدول الأضلاع

رمز الضلع	نقطة البداية	نقطة النهاية	المضلع الأيمن	المضلع الأيسر
أ ١	٢	١	١٠٠٧	-
أ ٢	١	٣	١٠٠٧	-
أ ٣	٢	٤	-	١٠٠٧
أ ٤	٤	٣	١٠٠٦	١٠٠٧
أ ٥	٣	٥	١٠٠٦	-
أ ٦	٦	٥	١٠٠٥	١٠٠٦
أ ٧	٤	٦	-	١٠٠٦
أ ٨	٥	٧	١٠٠٥	-
أ ٩	٦	٨	-	١٠٠٥
ب ١	٧	٩	١٠٠٥	-
ب ٢	٨	١٠	-	١٠٠٥
ب ٣	١٠	٩	١٠٠٤	١٠٠٥
ب ٤	١٠	١٢	-	١٠٠٤
ب ٥	٩	١١	١٠٠٤	-
ب ٦	١١	١٢	١٠٠٤	١٠٠٣
ب ٧	١٢	١٤	-	١٠٠٣
:	:	:	:	:

جدول المعلومات الوصفية للقطع

رمز القطعة	اسم المنطقة	رقم المخطط	نوع القطعة
١٠٠١	حي الورود	٢٥٠٧	تجاري
١٠٠٢	حي الورود	٢٥٠٧	تجاري
١٠٠٣	حي النفل	٣٢٥٤	سكني
١٠٠٤	حي النفل	٣٢٥٤	سكني
١٠٠٥	حي النفل	٣٢٥٤	سكني

شكل (٣- ١٠): مثال على ربط البنية الارتباطية.

٣- ٥ المراحل الأساسية لبناء قواعد المعلومات الجغرافية :

يمكن إيجاز المراحل الأساسية لبناء قاعدة المعلومات الجغرافية على الشكل المبسط التالي:

- **تحديد الهدف من نظام المعلومات الجغرافي الذي نريد إنشاء قاعدة البيانات له**، وذلك بإجراء مقابلات مع المسؤولين والمستخدمين للتعرف على الأعمال والتطبيقات التي يقومون بها والمراد من النظام تنفيذها، وغالباً ما تكون هذه الاجتماعات بعيدة عن النمط الفني بحيث تكون متعلقة بالإجراءات الإدارية والروتينية لتنفيذ أعمال القسم.

- **تحديد العناصر الأساسية التي يجب أن تتضمنها قاعدة المعلومات**، وفي هذه المرحلة يكون العمل فنياً أكثر وذلك بتحليل المتطلبات السابق تحديدها في المرحلة السابقة وتحويلها إلى عناصر واضحة ومحددة

- **التصميم الصوري للنظام**، وهو عبارة عن ترجمة للأهداف والأعمال والتطبيقات المتوفرة في المرحلة الثانية إلى نموذج تصميمي يمكن التعرف من خلاله على العلاقة بين هذه العناصر وتصميم البرامج الخاصة لتنفيذ المطلوب من النظام، وتكون هذه النماذج سهلة التغير والتطوير قبل إدخالها إلى حيز التنفيذ ويتم التصميم تدريجياً وتطويرها حين التأكد من صلاحيتها أولا بأول. ومن المهم اختيار أنواع وتحديد بعض الاشتراطات على الحقول في قاعدة المعلومات، ومثال ذلك تحديد مواصفات حقل رقم هوية مالك الأرض مثلاً بحيث لا يقل عن عشرة أرقام وأن لا يحتوي على حروف أو رموز.

- **اختبار التصميم الصوري نظريا**، يعد التصميم التصوري لقاعدة المعلومات الجغرافية من أولويات تنفيذ النظام، ونظراً لصعوبة تصميم قاعدة المعلومات الجغرافية والحصول على نتائج مرضية تلقائيا يكون من الأفضل تنفيذ دراسة تجريبية للتأكد من عدم وجود مشكلات من المحتمل حدوثها في المستقبل قبل تنفيذ المشروع فعليا، وتكون مرحلة التنفيذ التجريبية اختباراً لهذا التصور النظري وتحوله إلى واقع. وبالتالي يمكن التعرف على إمكانية تنفيذ هذا التصور عملياً وفنياً وإجراء التغييرات والتعديلات المناسبة قبل الشروع في تنفيذ وتصميم قاعدة المعلومات الفعلية.

- **تطوير الإجراءات المطلوبة**، ويمكن في هذه المرحلة ممارسة الإجراءات المطلوبة لتصميم قاعدة المعلومات التجريبية ومدى إمكانية تنفيذها وتعديل هذه الإجراءات في حالة صعوبة تحقيق ذلك أو تقديم بعض على بعض حسب الحاجة.

- **البحث عن المصادر المعلوماتية**، يتم البحث عن المصادر الضرورية ذات العلاقة بالغايات والأهداف الرئيسة والمتوفرة ثم البحث عن مصادر معلوماتية أخرى مثل خرائط الأساس والصور الجوية، وتشمل المعلومات المكانية والوصفية.

- **فحص مصادر المعلومات،** والتحقق من مدى ملاءمتها وتلبيتها للشروط والغايات المحددة والمرجوة.

- **استخراج المعلومات المطلوبة من المصادر** المختارة و ترتيب المعلومات في صيغ وقوالب تسمح بإدخالها إلى النظام.
- **إدخال التعديلات والتصحيحات** والإضافات اللازمة على المعلومات لتصبح بمرجعية ونوعية متجانسة.
- **إدخال المعلومات إلى النظام فعلياً.**
- **تدقيق المعلومات** المدخلة والتأكد من صحتها وصحة إدخالها.
- **التحقق من سهولة وفاعلية** التعامل مع المعلومات المدخلة.
- **التجول داخل النظام** وعمل استعلامات و تحليلات واستخراج النتائج العددية و الورقية في شتى الصور لاختبار النظام فعلياً.
- **البدء في استخدام** النظام والاستفادة من معلوماته.
- **جدولة التحديثات** و المتابعة المستقبلية للمعلومات المتغيرة.

نظم المعلومات الجغرافية

وظائف نظم المعلومات الجغرافية

وظائف نظم المعلومات الجغرافية

الجدارة:

القدرة على معرفة وظائف نظم المعلومات الجغرافية.

الأهداف:

عندما تكتمل هذه الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن:

١- يتعرف على وظائف نظم المعلومات الجغرافية.

٢- يتعرف على وسائل إدخال المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٥- يتعرف على وسائل تخزين المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٤- يتعرف على وسائل معالجة المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٦- يتعرف على وسائل إخراج المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

متطلبات الجدارة:

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب صورة متكاملة عن وظائف نظم المعلومات الجغرافية.

مستوى الأداء:

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ في معرفة وظائف نظم المعلومات الجغرافية..

الوسائل المساعدة:

١) أمثلة على نظم المعلومات الجغرافية.

٢) أجهزة ومعدات لإدخال وإخراج المعلومات

٣) جهاز الحاسب الآلي لعرض الأمثلة والبرامج

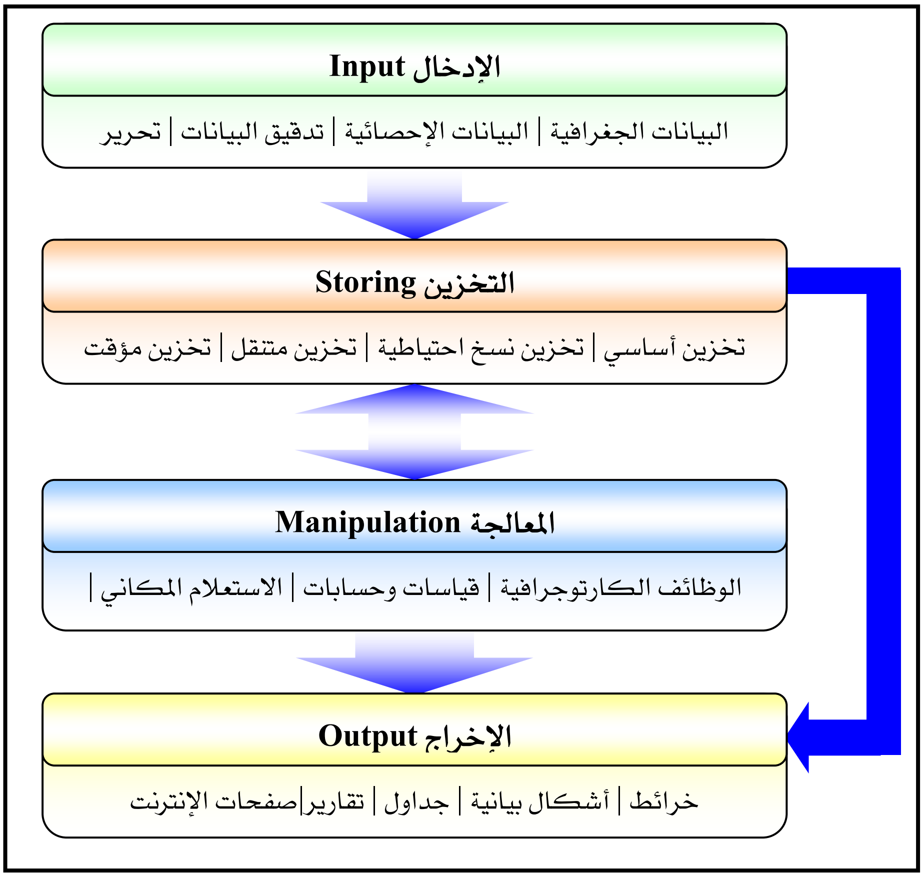
وظائف نظم المعلومات الجغرافية

٤- ١ المقدمة:

بعد أن تعرفنا على مفهوم نظم المعلومات الجغرافية وتعريفها في الوحدة الأولى ومكونات نظم المعلومات الجغرافية في الوحدة الثانية، نتطرق في هذه الوحدة إلى وظائف نظم المعلومات الجغرافية.

وظائف نظم المعلومات الجغرافية هي كما وردت في تعريفا نظم المعلومات الجغرافية الذي ينص على أن المكونات أنظمة صممت لتقوم بتجميع ورصد وتخزين واستدعاء ومعالجة وتحديث وتحليل وعرض جميع المعلومات، وعلى أساسه يمكن إيجاز وظائف نظم المعلومات الجغرافية في أربع وظائف أساسية (شكل ٤- ١) وهي:

١) إدخال المعلومات إلى النظام.
٢) تخزين المعلومات في النظام.
٣) معالجة وتحليل المعلومات.
٤) إخراج النتائج.



شكل (٤- ١): وظائف نظم المعلومات الجغرافية.

وسوف نتطرق في ما يلي إلى وظائف نظم المعلومات الجغرافية بشيء من التفصيل.

٤- ٢ الإدخال:

إدخال المعلومات في نظام المعلومات الجغرافي هو أول وظيفة لهذا النظام، سواء أكانت هذه المعلومات أم البيانات معلومات جغرافية أم معلومات وصفية أو إحصائية، حيث تتم عملية الإدخال بإحدى وسائل الإدخال التي سبق ذكرها في الوحدة الثانية (لوحة المفاتيح، الفأرة، الماسح الضوئي، طاولة الترقيم، ... وغيرها)، وإدخال المعلومات هو العائق الأكبر في إنشاء مشروع GIS، وقد تصل تكلفة إدخال المعلومات إلى ٨٠٪ من التكلفة الإجمالية للمشروع، ومرحلة إدخال المعلومات مرحلة في غاية الأهمية وتعد أصعب المراحل، كما أنها معرضة للخطأ بشكل كبير، وتشمل عملية إدخال المعلومات عدة مراحل من أهمها ما يلي:

جمع المعلومات: وهذا الجمع يكون عادة من المصادر المتوفرة للمعلومة كما ذكرنا في الوحدة السابقة مثل (الخرائط، المسح الميداني، الصور الجوية، الاستشعار عن بعد ... الخ). حيث تبدأ مرحلة الإدخال بإيجاد المعلومات المطلوبة، وتتنوع المعلومات حيث يمكن أن تكون متوفرة أو غير متوفرة، والمعلومات المتوفرة يمكن أن تكون حديثة أو أرشيفية، كما يمكن أن تكون رقمية أي جاهزة لعملية الإدخال المباشر أو غير رقمية وتحتاج إلى عمليات تحويل وترقيم لنتمكن من إدخالها في النظام لاحقاً، وتحتاج المعلومات الأرشيفية إلى التدقيق قبل إدخالها وملاحظ تكلفة تحديثها، حيث لا بد من التأكد من أن تكلفة و وقت تحديث المعلومات الأرشيفية معقول مقارنة بإيجاد معلومات حديثة مباشرة .

التأكد من صحة المعلومات: يجب أن يتم التأكد من صحة المعلومات قبل إدخالها في النظام، لأن المعلومات غير الصحيحة تعطي نتائج غير صحيحة (مدخلات خطأ = مخرجات خطأ)، ويمكن التأكد من المعلومات بعدة طرق منها التأكد الميداني لعينات عشوائية أو مقارنتها بمصادر أخرى لنفس المعلومة. وتعتمد طريقة التأكد من صحة المعلومة على حسب نوع المعلومة، فالمعلومات الوصفية مثل أسماء الأودية أو الجبال لا بد من الرجوع إلى المعاجم الجغرافية أو إلى خرائط أساس قديمة أو مسح ميداني وذلك بالسفر إلى المناطق والاستفسار من أهل المنطقة للتأكد من صحة الأسماء، وأما المعلومات الجغرافية فيمكن التأكد من المعلومات عن طريق مقارنتها بالمصادر الأخرى مثل مقارنتها بصور جوية أو الاستشعار عن بعد.

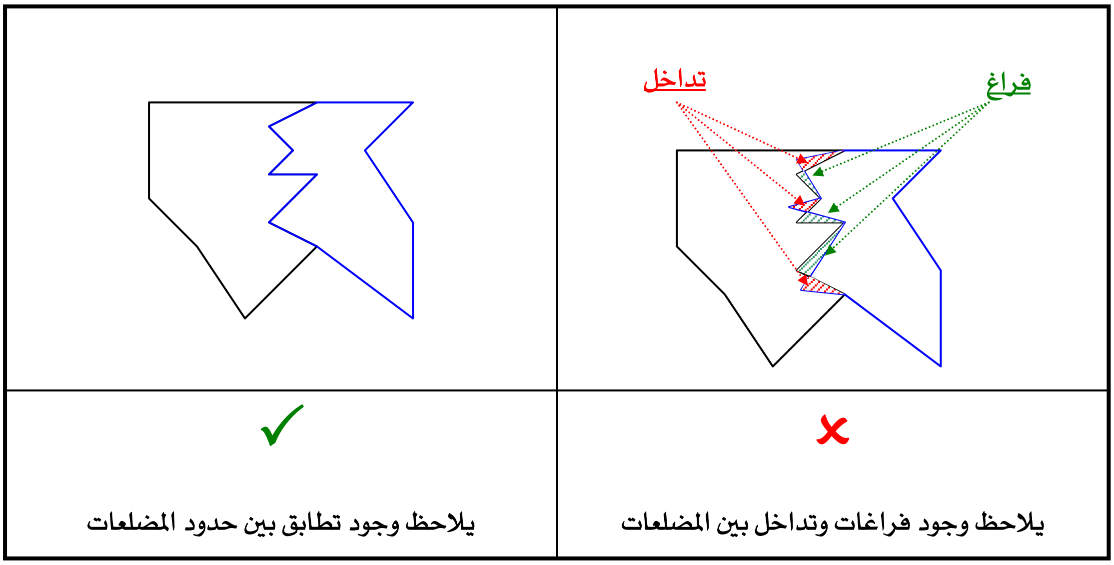
التأكد من دقة المعلومات: مراعاة الدقة قبل إدخال المعلومة في النظام أمر مهم جدا، حيث إن المعلومات غير الدقيقة تؤثر على المعلومات الدقيقة مما يؤدي إلى نتائج غير دقيقة.

تحرير المعلومات وتحليلها: في بعض الحالات تكون المعلومات والبيانات غير متوفرة في الصيغ والأشكال المتوافقة مع الحاسب الآلي أو النظام ككل فنحتاج إلى تحويل هذه المعلومات من صيغة إلى أخرى لنتمكن من إدخالها والاستفادة منها في نظم المعلومات الجغرافية، ومن أبرز الأمثلة على تحويل المعلومات الجغرافية أثناء إدخالها في النظام عملية تحويل الصور والخرائط الورقية إلى صور ومعلومات رقمية عن طريق استخدام الماسحات الضوئية (Scanner)، وكذلك تحويل الصور والخرائط الورقية من معلومات شبكية (Raster Data) إلى معلومات خطية (Vector Data) إما عن طريق طاولة الترقيم (Digitizing Table) أو الترقيم على شاشة (Digitizing on Screen).

وهنالك عدة نقاط يجب أن تراعى في مخرجات عملية الترقيم سواء أكان الترقيم عن طريق طاولة الترقيم (Digitizer) أم الترقيم على الشاشة الحاسب مباشرة (Digitizing on Screen) من أهمها ما يلي:

١. **التداخل بين الأشكال والمضلعات:**

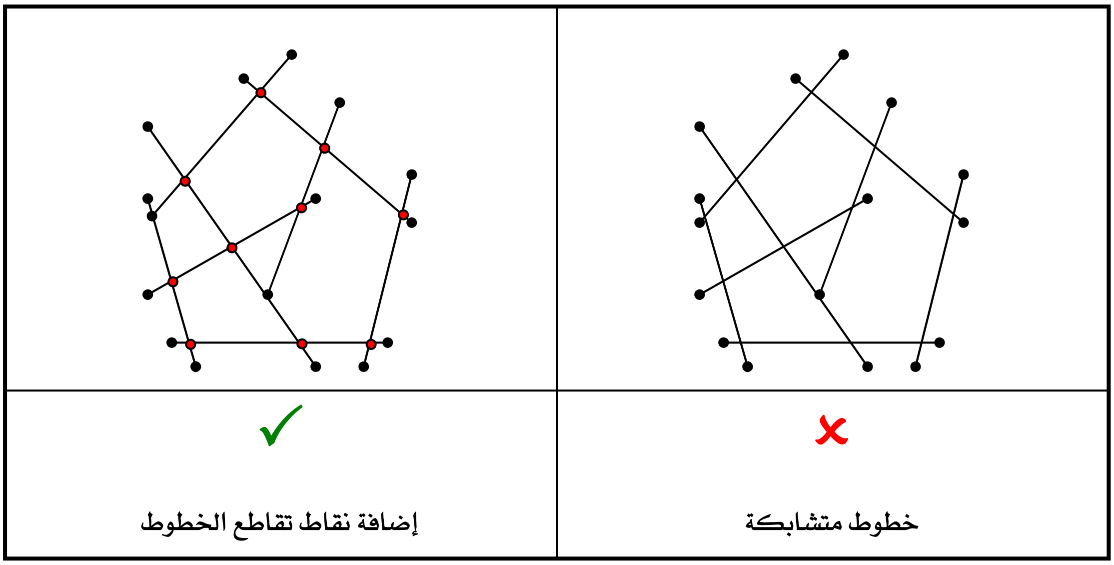
يلجأ البعض إلى ترقيم كل مضلع مغلق على حدة، وهذا يؤدي إلى ترقيم نفس الأقواس أو السلاسل عدة مرات. ويسبب هذا الخطأ في عملية الترقيم عدم التطابق في الحدود المشتركة للمضلعات المتجاورة (شكل ٤- ٢)، ويؤدي هذا إلى تحليلات مكانية غير صحيحة، لذلك يجب تصحيح أخطاء هذا التداخل والفراغات بين المضلعات لكي نضمن بناءً صحيحاً للعلاقات الطوبولوجية للعناصر المكانية.



شكل (٤- ٢): التداخل بين الأشكال والمضلعات.

٢. تحويل العناصر المتشابكة إلى عناصر متصلة:

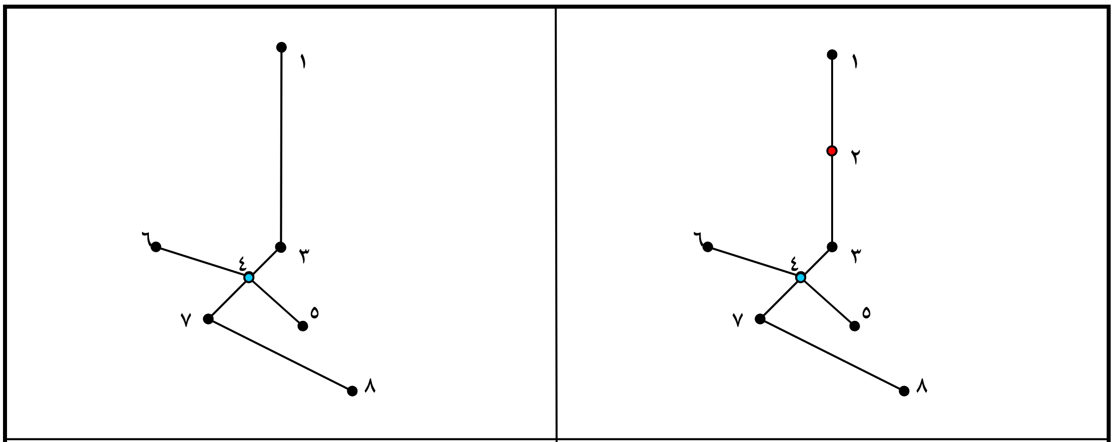
عند ترقيم معالم خطية تتكون من عدة سلاسل من الخطوط لا بد أن تكون هناك بداية ونهاية لهذه السلاسل (شكل ٤- ٣)، كما يجب أن تكون التقاطعات محددة بنقاط أو ما يسمى عقد (Node)، يمكن أن تتم هذه العمليات التصحيحية يدوياً أثناء الترقيم إذا كانت البرامج المستخدمة تدعم ذلك أو يتم تصحيحها آلياً بفعل خوارزميات رياضية تسمح بإنشاء العقد أو تغيير مكانها تبعاً لبعض القواعد الرياضية.



شكل (٤- ٣): تحويل العناصر المتشابكة إلى عناصر متصلة.

٣. النقاط أو العقد الزائدة:

كما ذكرنا سابقاً إنَّ كل سلسلة خطوط تبدأ بنقطة وتنتهي بنقطة ولا تضاف نقطة زائدة في الخطوط المستقيمة إلا إذا كانت لها حاجة كتقاطع مثلاً (شكل ٤- ٤).

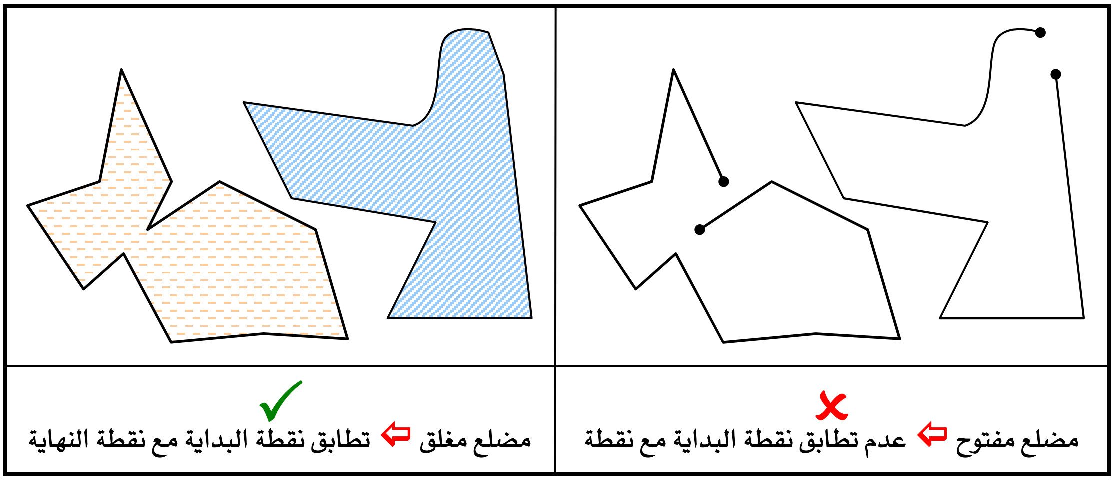


✗ النقطة (٢) زيادة على القطعة المستقيمة [٣- ١]	✓ إزالة النقاط الزائدة رقم (٢) وتترك النقطة رقم (٤) لأنها

شكل (٤- ٤): إزالة النقاط الزائدة وترك نقاط التقاطع بين الخطوط.

٤. العناصر المساحية غير المغلقة:

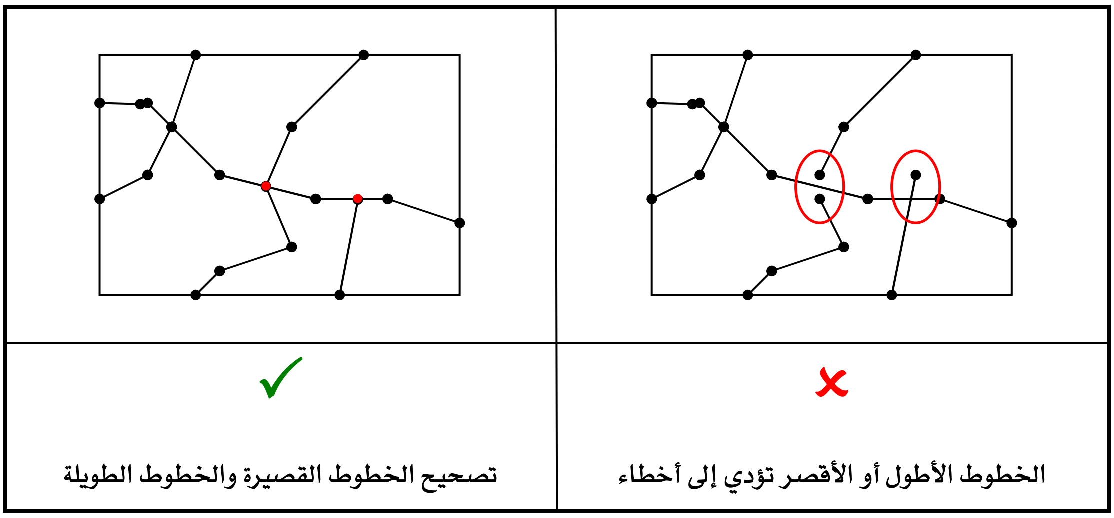
قد لا تغلق العناصر المساحية، أي لا تنطبق عقدة البداية مع عقدة النهاية في العنصر المساحي (المضلع)، وذلك نتيجة أخطاء الترقيم (شكل ٤- ٥). وهنا يجب تصحيح هذه الأخطاء لضمان تعريف هندسي وطوبولوجي صحيح للعنصر. وفي بعض أنظمة المعلومات الجغرافية خوارزميات آلية تقوم بتصحيح هذه الأخطاء.



شكل (٤- ٥): المضلعات المغلقة وغير المغلقة.

٥. العناصر الخطية القصيرة والطويلة:

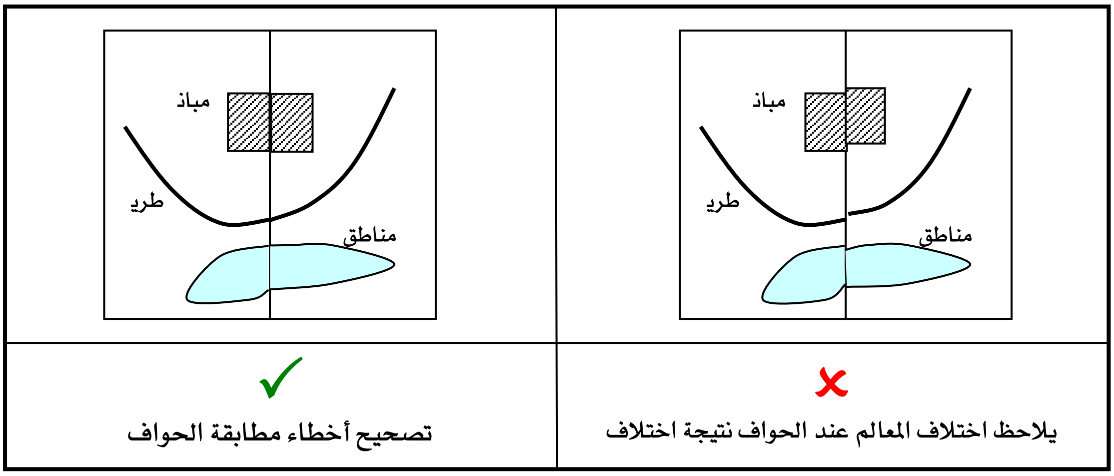
يمكن ارتكاب أخطاء عند ترقيم العقد مما يؤدي إلى تقصير أو تطويل السلاسل (شكل ٤- ٦)، وتكون نتيجة هذه الأخطاء عدم تقاطع السلاسل عند العقد، وهذا يسبب خللا في تعريف المضلعات.



شكل (٤- ٦): تصحيح الخطوط القصيرة والخطوط الطويلة.

٦. مطابقة الحواف (Edge Matching):

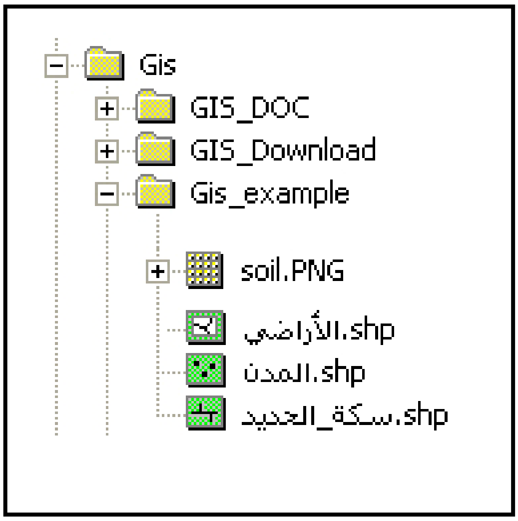
عند ترقيم مخططين أو خريطتين متجاورتين فإن أخطاء الترقيم ستسبب عدم استمرارية للعناصر المكانية عند خط الالتحام بين الخريطتين (شكل ٤- ٧). وتتضمن بعض أنظمة المعلومات الجغرافية وسائل تصحيح هذه الأخطاء، بحيث يمكن اعتماد معلومات الخريطة الأدق أو الأكبر مقياساً للرسم.



شكل (٤- ٧): مطابقة الحواف.

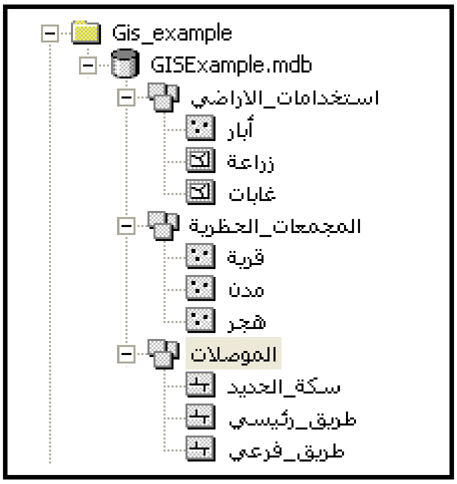
استيراد وتصدير المعلومات: في بعض الحالات تكون المعلومات والبيانات متوفرة في صيغ وأشكال متوافقة مع الحاسب الآلي أو النظام فلا نحتاج إلى تحويل هذه المعلومات من صيغة إلى أخرى ، بل يمكن استيراد معلومات رقمية مباشرة من الأنظمة الأخرى (مثل أنظمة CAD) حسب توفر تلك المعلومات، ومن المناسب ذكر بعض صيغ الملفات المشهورة التي تستخدم في تخزين المعلومات المكانية (سواء أكانت خطية أم شبكية) أم المعلومات الوصفية. و من صيغ الملفات المشهورة ما يلي:

- صيغة ملف الأشكال Shape file من شركة ESRI® ويكون امتداد الملفات Shp.* (شكل ٤- ٨). حيث تحوي معلومات مكانية و معلومات وصفية مرتبطة بالمعلومات المكانية، و يمكن تحريرها بيسر وسهولة، ولكن من أهم عيوبها أنها محدودة السعة من حيث عدد المعالم المخزنة فيها وكمية المعلومات حيث كلما زاد عدد السجلات فيها قلت سرعة وكفاءة التعامل معها.



شكل (٤- ٨): ملف الأشكال كما يظهر في برنامج ArcCatalog®.

- قاعدة بيانات Geodatabases من شركة ESRI® ويكون امتداد الملفات MDB.*. وهي في الأصل قاعدة معلومات من شركة مايكروسوفت لبرنامج Microsoft Access®، ولكن شركة ESRI® استخدمتها لتخزين معلومات مكانية ومعلومات وصفية مرتبطة بها، وهي أكثر قوة الإمكانيات من ملف الأشكال السابق، ويمكن أن تخزن فيه أنواع عدة من الأشكال الخطية (نقاط و خطوط و مساحة) والمعلومات الشبكية (شكل ٤- ٩).



شكل (٤- ٩): ملف Geodatabases كما يظهر في برنامج ArcCatalog®.

- ملفات الرسم بالحاسب مثل DXF.* و Dwg.* وهي من شركة ®Autodesk. وهي غالباً ما تكون من ملفات أو رسومات سابقة أو أرشيفية وغالباً ما تكون مجموعة من (نقاط و خطوط و مساحة و أسماء). (شكل ٤- ١٠).



شكل (٤- ١٠): ملف DWG كما يظهر في برنامج ®ArcCatalog.

- ملفات الرسم بالحاسب مثل Dgn.* وهي من برامج ®Microstation. غالباً ما تكون من ملفات أو رسومات سابقة أو أرشيفية.

ومن أشهر الصيغ التي تعرف بتخزين المعلومات الشبكية:

- صيغ الملفات (IMG.) من شركة ®ERDAS IMAGINE. وتخزن معلومات مكانية شبكية (Raster format).
- صيغ الملفات (LAN.) من شركة ®ERDAS IMAGINE. وتخزن معلومات مكانية شبكية (Raster format) أو ما يعرف بصور الأقمار الصناعية.
- صيغة الصور المصححة Controlled Image Base (CIB)، وتحوي صوراً مصححة مكانياً ومعالجاً فيها تشوهات الارتفاعات .
- صيغة الخرائط المصححة والمضغوطة Compressed ARC Digitized Raster Graphics (CADRG)
- صيغة معلومات الارتفاعات الأرضية الرقمية DTED Level 0, 1, and 2 (DT*.) وهي صيغ عسكرية من الجيش الأمريكي.
- صيغة نماذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Models (*.DEM) وهي من الصيغ الأكثر استخداما في الاستخدامات المدنية والبلدية.

- صيغ الملفات (Windows bitmap (.BMP من شركة ®Microsoft. و صيغة الملفات (Graphic Interchange Format (.GIF ، وصيغة الملفات JPEG (File Interchange Format, JIFF (.JPG، صيغة الملفات Portable (Network Graphics (.PNG وهي من الصيغ المشهورة للصور الشخصية ، ولكن يمكن تخزين الصور الجوية أو الأقمار الصناعية بها.
- صيغة الملفات (MrSID (.SID لصور الأقمار الصناعية كبيرة الحجم لتمكنها من ضغط الصور بتقنية جديدة.
- صيغة الملفات (Tagged Image File Format, TIFF (.TIF وهي ما يعرف أيضاً (GeoTif). وهي أكثر الصيغ شهرة من ناحية صور الأقمار الصناعية حيث تحفظ مكانها الجغرافي في ملف مرافق.

٤- ٢- ١ تصنيف البيانات:

من الممكن تصنيف البيانات التي يجري استخراجها وإدخالها في قاعدة البيانات إلى قسمين رئيسين هما:

- **المعالم الطبيعية**: وهذه يصعب تحديد بدايتها ونهايتها (حدودها) بدقة عالية كالغابات وبتفصيل أكثر يمكن تمييز المعالم التالية:

حدود وخطوط الصخور المرجانية.
حدود الجبال والهضاب والتضاريس المختلفة.
المعالم المائية مثل الأنهار والبحار والأودية وغيرها.
أشكال النباتات المختلفة.

- **المعالم الاصطناعية**: وهذه تكون عادة ذات حدود واضحة محددة كالأبنية والطرق والمطارات. وبتفصيل أكثر يمكن تمييز المعالم التالية:

مسارات الطرق والسكك الحديدية وما شابهها.
الأبنية والمنشآت العمرانية المختلفة.
الحدود الدولية والإقليمية.

ونظراً لأهمية تصنيف المعلومات وانعكاساته على دقة وتكلفة النظام، نبين فيما يلي أهم المعالم الطبيعية والاصطناعية التي تتطلبها كثير من الأنظمة في شتى التطبيقات:

التضاريس: وتشمل العناصر أو طرق تمثيل سطح الأرض ومنها خطوط الكنتور(Contour) والنقاط المميزة (Spot Heights) ونماذج الارتفاعات الأرضية(DEM).

الطرق والموصلات: وتشمل الطرق بكافة أصنافها والسكك الحديدية وممرات المشاة، وتتطلب المعلومات الوصفية مثل: عرض الطريق، نوع الطريق (سريع،دولي،خدمي)،حجم أو كثافة المرور، تخصيص نوع المركبات والأوزان المسموح بها وأوقات العبور،نوعية سطح الطريق، السرعة المسموح بها. وغير ذلك من المعلومات التي تزيد من شمولية ودقة التصنيف.

الأبنية والمنشآت العمرانية: ويندرج تحتها الكثير من الأصناف والأنواع التي تتباين حسب طبيعة ووظيفة المبنى ومن أمثلة ذلك: المباني السكنية (مثل البيوت والعمائر السكنية والفلل)، مباني الخدمات العامة (المدارس والمستشفيات ومراكز الدفاع المدني ومراكز الشرطة والبلديات وغيرها)،مباني المصانع، المساجد،الأماكن الترفيهية. وقد يكون من المفيد أيضاً تضمين النظام لارتفاعات المباني المهمة وعدد طوابقها.

النباتات: وتتضمن الأشجار والأعشاب والغابات، والجدير بالذكر أنه من الصعوبة بمكان تحديد حدود المناطق الزراعية بدقة عالية.

الحدود: وتشمل الحدود الدولية والإقليمية حتى الحدود بين الأحياء والمناطق الإدارية، كما يمكن أن تتضمن الحدود الطبيعية مثل حدود الأنهار وسلاسل الجبال وحدود المعالم الصناعية والمناطق العسكرية.

أسماء المعالم: وهذه المعلومات لا بد منها لتسهيل التعرف على التفاصيل المختلفة وتمييز ربط المعلومات، ومن الأسماء ما يلي:

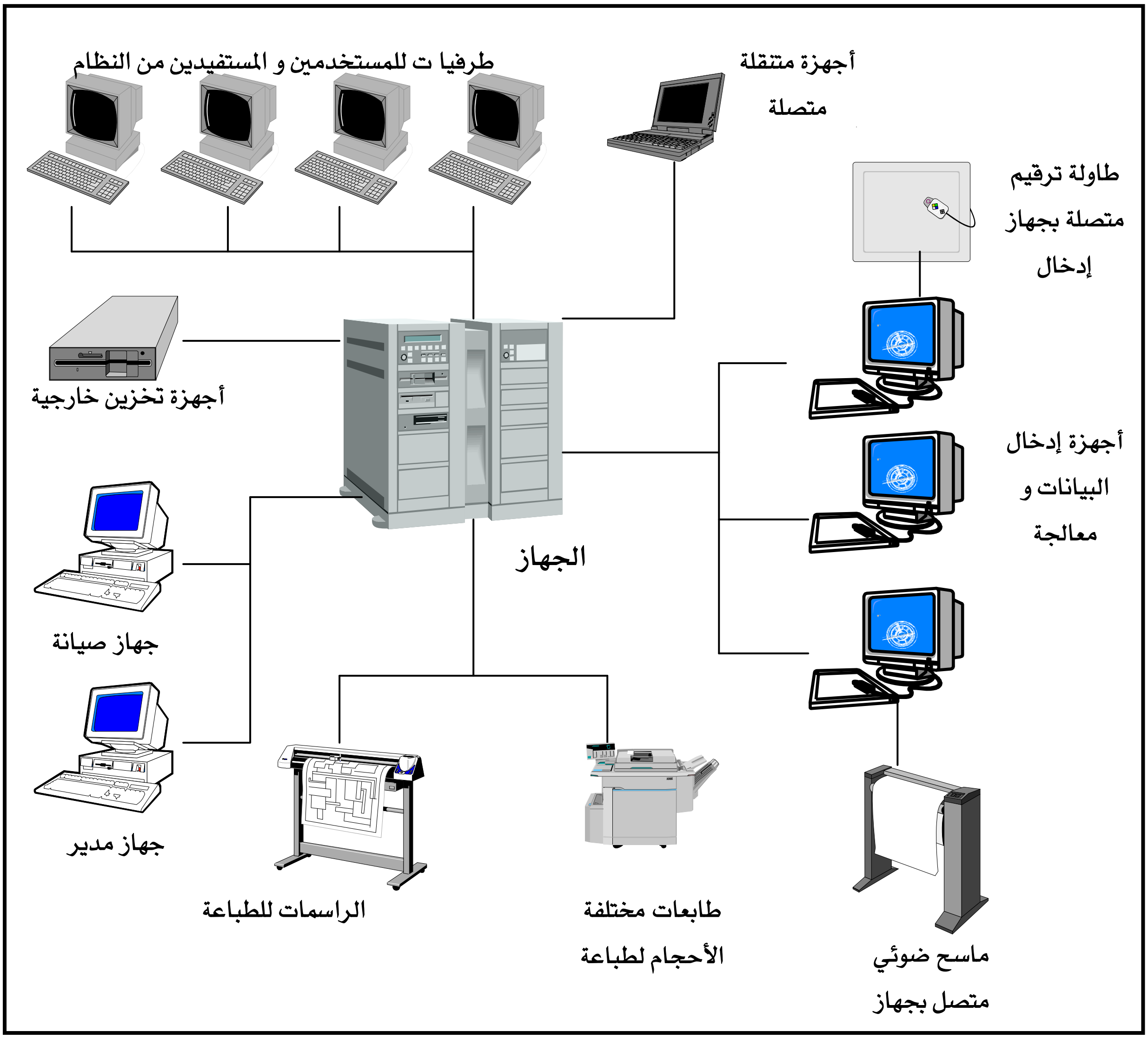
- أسماء المناطق الإدارية والمحافظات والمدن والقرى والهجر والأحياء.
- أسماء وأرقام الطرق.
- أسماء المعالم الطبيعية المميزة مثل الجبال أو الأودية المشهورة وغيرها.
- أسماء المعالم المائية.
- أسماء المزارع وقطع الأراضي الكبيرة.
- أسماء المعالم السياحية.

٤- ٣ التخزين (إدارة المعلومات):

إن من أهم وأبرز معالم نظم المعلومات الجغرافية طريقة ومفهوم تخزين وإدارة المعلومات في النظام، وذلك لأن طريقة تخزين وإدارة المعلومات الجغرافية و الوصفية و ربطهما ببعض تتيح عمليات استعلام واستفسار وتحليل أكثر، مثال ذلك لو أنه تم تخزين المعلومات الجغرافية لمنطقة ما على شكل معلومات شبكية فإنه يصعب عمل تحليلات واستعلامات عليها بخلاف لو خزنت هذه المعلومات على شكل معلومات خطية (حية) وربطت بالمعلومات الوصفية الوافية عنها.

وهناك أنواع كثيرة من التخزين، فتخزين المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية إما أن يكون تخزيناً أساسياً أو تخزيناً مؤقتاً أو تخزين نسخ احتياطية.

فالتخزين الأساسي هو الذي تتصل به عمليات الاستعلامات المطلوبة من المستخدم للنظام، أي هي وحدة التخزين المباشرة للنظام التي تكون عادة ذات سعات كبيرة جداً لاستيعاب الكم الهائل من المعلومات، وعادة تكون من الأقراص الصلبة أو ما يعرف (Hard Disk Drive - HDD)، وحدة التخزين الأساسية تكون في جهاز خاص يسمى بجهاز الخادم (Server) تتصل به أكثر من وحدة طرفية، أو بما يعرف (Client) التي توصل بالأجهزة الأخرى حسب الصلاحية لكل مستخدم (شكل ٤- ١١).



شكل (٤- ١١): رسم توضيحي على تخزين المعلومات في جهاز خادم وربطه بأجهزة طرفية.

و أما التخزين المؤقت فهو عبارة عن تخزين المعلومات في وسائط التخزين المختلفة (مثل: القرص المرن Floppy Disk، الأقراص الممغنطة CD-Rom or DVD، الأشرطة الممغنطة Magnetic Tape) لفترة معينة أو لحاجة معينة فقط، مثال ذلك تخزين الخرائط في أشرطة ممغنطة أو أقراص ممغنطة لنقلها إلى أو من نظام أخر.

والنسخ الاحتياطي هو تخزين المعلومات في وسائط خارج النظام لاستعادتها في حال تلف أو فقد شيء من هذه المعلومات في وحدة التخزين الرئيسة.

٤- المعالجة والتحليل:

تعد عملية معالجة وتحليل البيانات أساسية جداً في نظم المعلومات الجغرافية، وطبقاً لنوعية الاستعمال أو التطبيق، فمن الممكن أن نحتاج إلى أنظمة جغرافية لأداء العديد من الوظائف، ومن أهم عمليات المعالجة: الوظائف الكارتوجرافية، الاستعلام والبحث، قياس المعالم والظواهر، التحليل الإحصائي.

الوظائف الكارتوجرافية:تمثل الوظائف الكارتوجرافية أول أنواع المعالجة التي تؤدى عندما يوظف نظام المعلومات الجغرافية للاستخدام أو للاستعلام، حيث تشتمل عمليات المعالجة الممثلة في رسم الخرائط مثلاً على تغيير مقياس الرسم، تحويل شكل البيانات من صيغتها الشبكية إلى صيغ خطية، تغيير مسقط الخريطة (سوف نتطرق لأنواع المساقط في الفقرة التالية)، تغيير نظام الإحداثيات، تغيير المرجع الجغرافي، إضافة عنوان أو إيضاح معلومة معينة على الخريطة، إضافة مفتاح الخريطة برموز خاصة، أو تفاصيل خاصة.

الاستعلام والبحث: ليس غريباً القول إن البحث والاستعلام يمثل أفضل وظيفة عرفت بها أنظمة المعلومات الجغرافية، وعملية البحث أو الاستعلام هي عبارة عن إيجاد معلم أو معلومة في قاعدة المعلومات الجغرافية، بحيث يتيح النظام البحث إما عن طريق خواص معينة أو مكان معين أو دمج المعلومات وإيجاد أفضل حل لمشكلة ما. و بالمثال يتضح المقال، فمثلا يمكن البحث عن أقرب مستشفى على بعد ٥٠٠ متر و فيها تخصص قلب من منطقة ما، ففي هذا لمثال تم الاستعلام عن معلومات وصفية أو تفصيلية (تخصص طب القلب) ودمجت بشروط مكانية (على بعد ٥٠٠ متر). ومثال آخر يمكن البحث عن العوائل التي لديها أطفال أعمارهم أقل من ٥ سنوات ويبعدون أكثر من كيلومتر عن أقرب مركز صحي أو مستشفى فيها تخصص طب الأطفال، وهنا كذلك تم دمج المعلومات الإحصائية (أعمار الأطفال و عددهم) مع المعلومات الجغرافية (موقع المراكز الصحية) ومعلومات وصفية أو تفصيلية (تخصص طب الأطفال في المراكز الصحية).

وهذه الاستعلامات لا حدود لها أو تقيد في تنوعها، إنما تعتمد على نوع المعلومات وطريقة تخزينها،لأن المعلومات المخزنة في قاعدة بمعلومات جغرافية صممت بعناية ودراسة مستفيضة تعطي عمليات بحث واستعلام لا حدود لها.

وتخزين المعلومات في طبقات من أهم مميزات نظم المعلومات الجغرافية كما ذكرنا سابقاً،فمن السهل دمج المعلومات أثناء الاستعلام ولكن ليس من السهل تفريق المعلومات المركبة في طبقة واحدة.

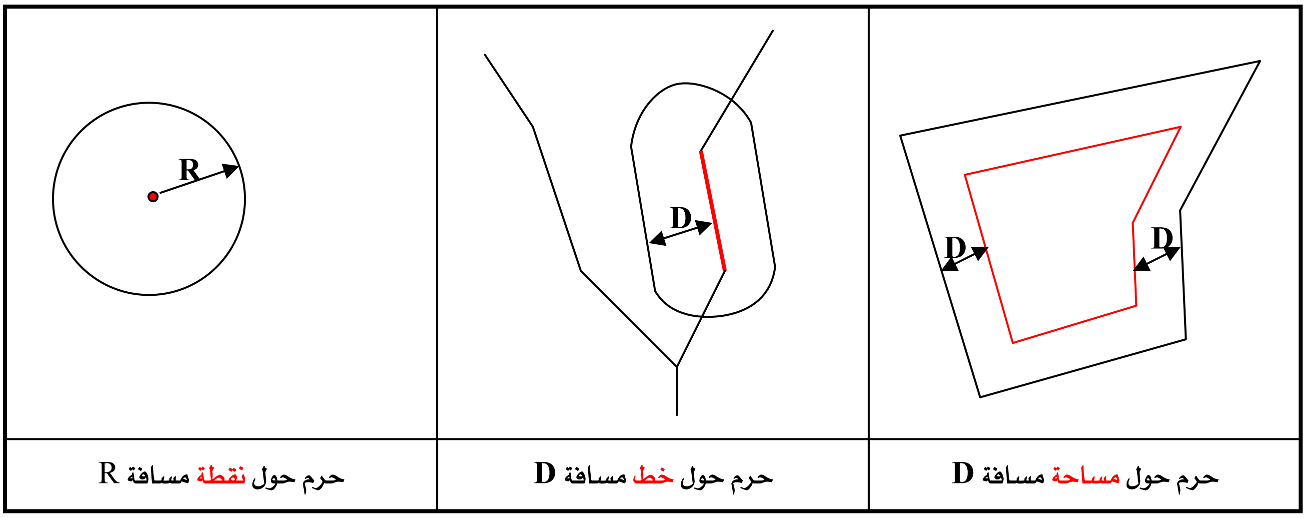
وعملية البحث والاستعلام وما يتبعها من تحليلات ودمج للمعلومات تحتاج إلى جهد حاسوبي ضخم، وخاصة إذا كان حجم البيانات والمعلومات المخزنة كبيراً جداً، ولذا ينصح بمراعاة مواصفات الحاسب الآلي المستخدم في عمليات البحث عن إنشاء نظام معلومات جغرافي.

وتتضمن أغلب أنظمة المعلومات الجغرافية مجموعة من الدوال (Functions) التي تعتمد على العلاقات المكانية أو الروابط الطوبولوجية بين مختلف المكونات المكانية التي ذكرناها في الوحدة السابقة،وتستفيد أيضاً من المعلومات الوصفية في تزويد المستعلم بالمعلومات التي تساعده بشكل كبير على اتخاذ القرار الصحيح في الوقت المناسب. و تكون مخرجات الدوال في غاية التباين حسب البرامج المستخدمة في أنظمة المعلومات الجغرافية والتي سوف نتطرق إلى أمثلة منها في الدروس القادمة إن شاء الله، ومن أهم هذه الدوال ما يلي:

- **دالة تحديد القرب (Near) والحرم المكاني (Buffering):**

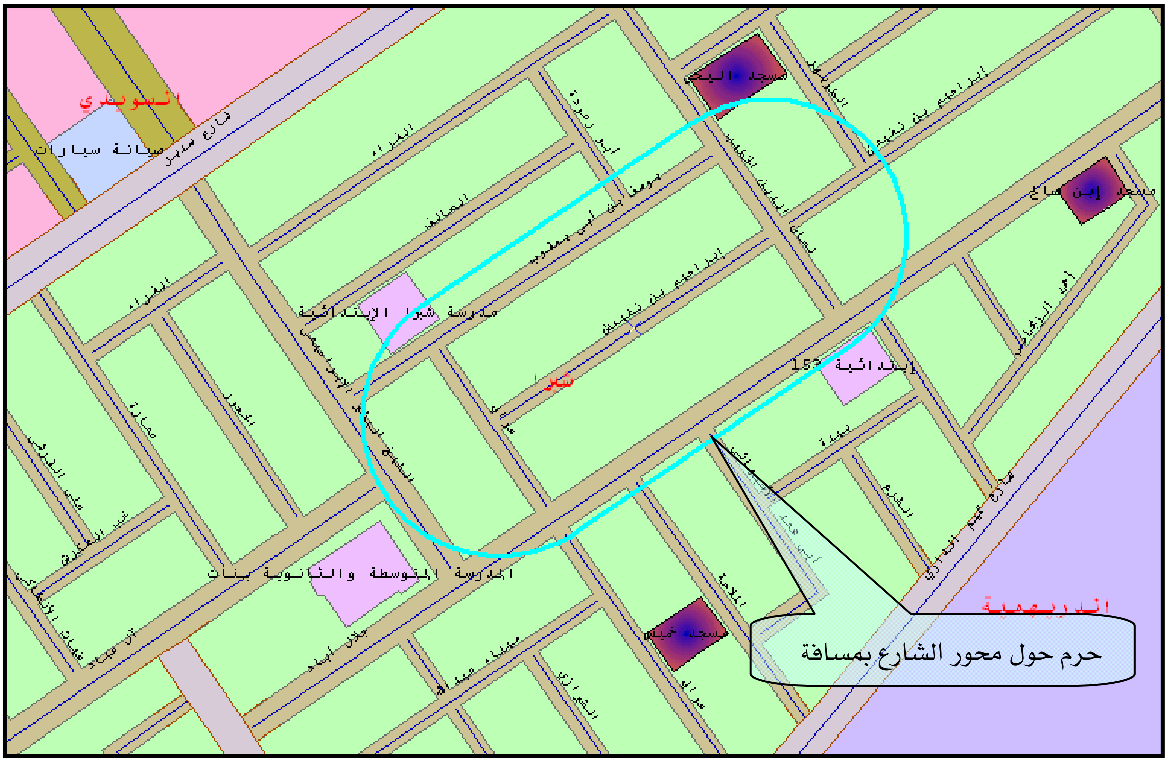
يشتق مفهوم القرب من مفهوم المسافة لكنه شكل وصفي للمسافة (قريب، بعيد... الخ) وذلك بربط المكونات المكانية بدلالة موضعها المكاني المتبادل، وهناك شكل أكثر تعقيداً لعلاقة القرب يتمثل بالتعرف على المناطق التي لا تبعد أكثر من مسافة ما عن ظاهرة محددة. وتتضمن بعض برامج أنظمة المعلومات الجغرافية دوالاً خاصة لتحديد منطقة ضمن حرم (Buffering) ظاهرة ما سواء أكانت هذه الظاهرة

خطاً أم نقطة أم مساحة (شكل ٤- ١٢). فمثلاً إذا أردنا توسعة طريق داخل حي قائم لا بد أن يكون هناك نزع للملكيات المباني والأراضي داخل حرم الطريق، فمن خلال نظام معلومات جغرافي تفصيلي للحي نطلب استفساراً عن منطقة حرم الطريق ثم نحدد مساحات الأراضي المطلوب نزع ملكيتها وتحديد اسم الملاك و حساب التكلفة التقريبية لنزع الملكية.

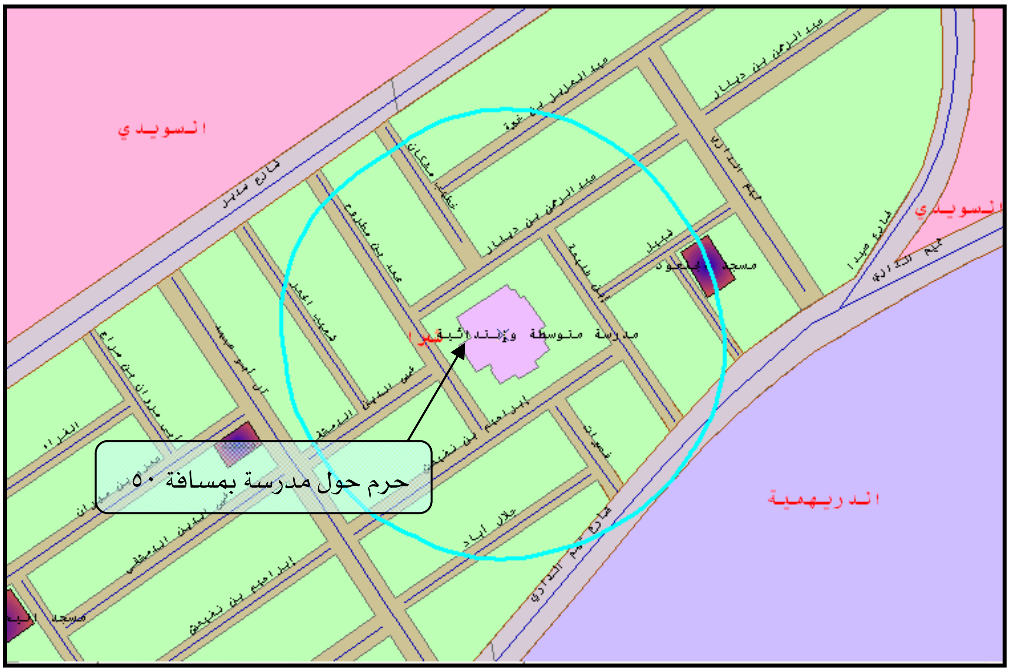


شكل (٤- ١٢): تحديد حرم حول ظاهرة.

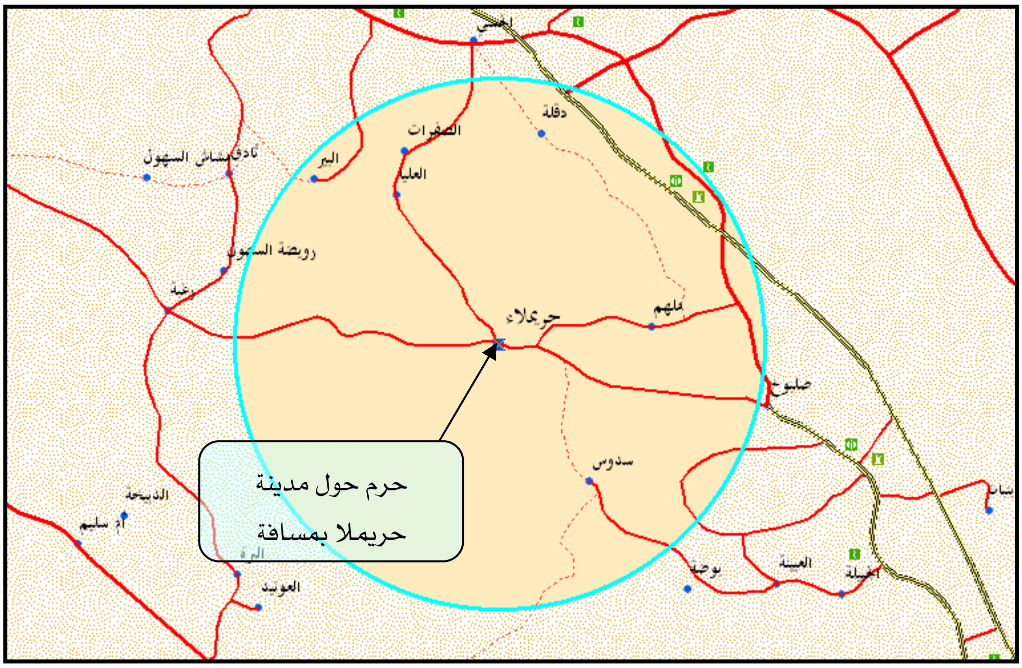
مثال آخر لو أردنا إيجاد أقرب مدرسة من شارع معين يمكن أن نستعلم عن طريق استخدام حرم الطريق بالمسافة المطلوبة (شكل ٤- ١٣) وهذا مثال على حرم ظاهرة خطية، ومثال آخر أيضاً لو أردنا إيجاد أقرب مسجد من مدرسة ما (شكل ٤- ١٤) وهذا مثال على حرم ظاهرة مساحية، أما الظاهرة النقطية فمثل إيجاد أقرب قرية لمدينة ما على مقياس رسم صغير (شكل ٤- ١٥).



شكل (٤- ١٣): مثال على تحديد حرم حول ظاهرة خطية (Line Feature).



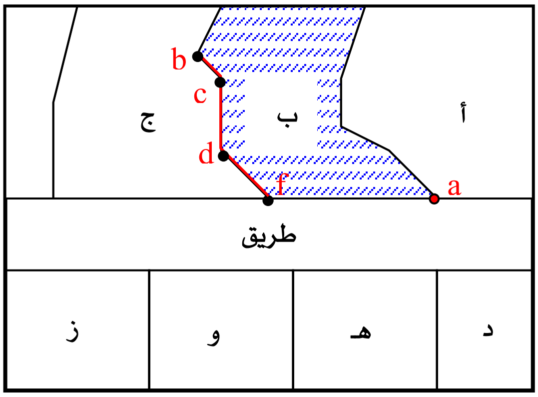
شكل (٤- ١٤): مثال على تحديد حرم حول ظاهرة مساحية (Area Feature).



شكل (٤- ١٥): مثال على تحديد حرم حول ظاهرة نقطية (Point Feature).

- **علاقة التجاور(Adjacency):**

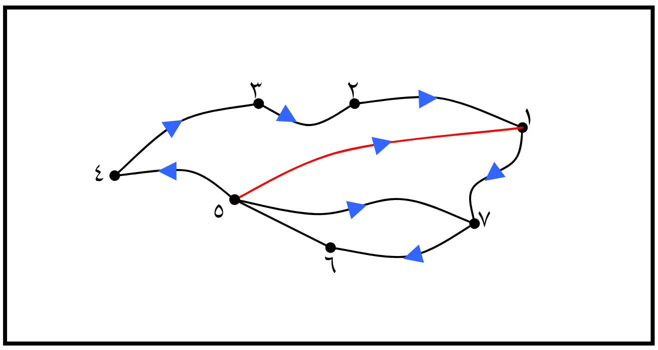
تمكننا علاقات التجاور في أنظمة المعلومات الجغرافية من إجراء تحليل الموقع النسبي للمعالم الموجودة في الطبيعة، ويساعد هذا التحليل في عملية اتخاذ القرارات المناسبة للمشاريع المراد إنشاؤها. وكمثال بسيط على علاقة التجاور، لنفرض أن مالك المزرعة (ب) يريد أن يغير أي يعدل في أرضه فهذا التعديل لا بد أن يؤثر على الأراضي المجاورة (أ، ج) (شكل ٤- ١٦) لذا قبل أن تتخذ السلطات المعنية قراراً بشأن الطلب عليها أن تعلم ملاك الأرض (أ، ج). فعلاقة التجاور هي التي تسمح بإيجاد وربط المكونات المتجاورة التي تتقاسم عنصراً مشتركاً كعقدة (a) مشتركة بين القطعتين (أ، ب) والطريق، أو خط مستقيم أو سلسلة خطوط (b-c-d-f) مشترك بين القطعتين (ب، ج) والطريق.



شكل (٤- ١٦): علاقة التجاور في أنظمة المعلومات الجغرافية.

- **علاقة الوصول (Short Way):**

غالباً ما تستخدم هذه العلاقة في المعالم الخطية مثل: (شبكة المواصلات، شبكة تمديد الغاز، شبكات الكهرباء والماء، وغيرها) وتكون بتحديد أقصر مسافة للوصول لهدف أي بالمرور بأقل عدد من العقد أو النقاط، وتسمى المسافة الطوبولوجية الصغرى. ونأخذ مثالاً بسيطاً للتوضيح، في (الشكل ٥- ١٧) حيث يمكن إيجاد أقصر طريق للوصول إلى النقطة (١) من النقطة (٥)، ويلاحظ أن كل خط له اتجاه أي إنه كمية متجهة (لاحظ وجود رأس السهم في الشكل).

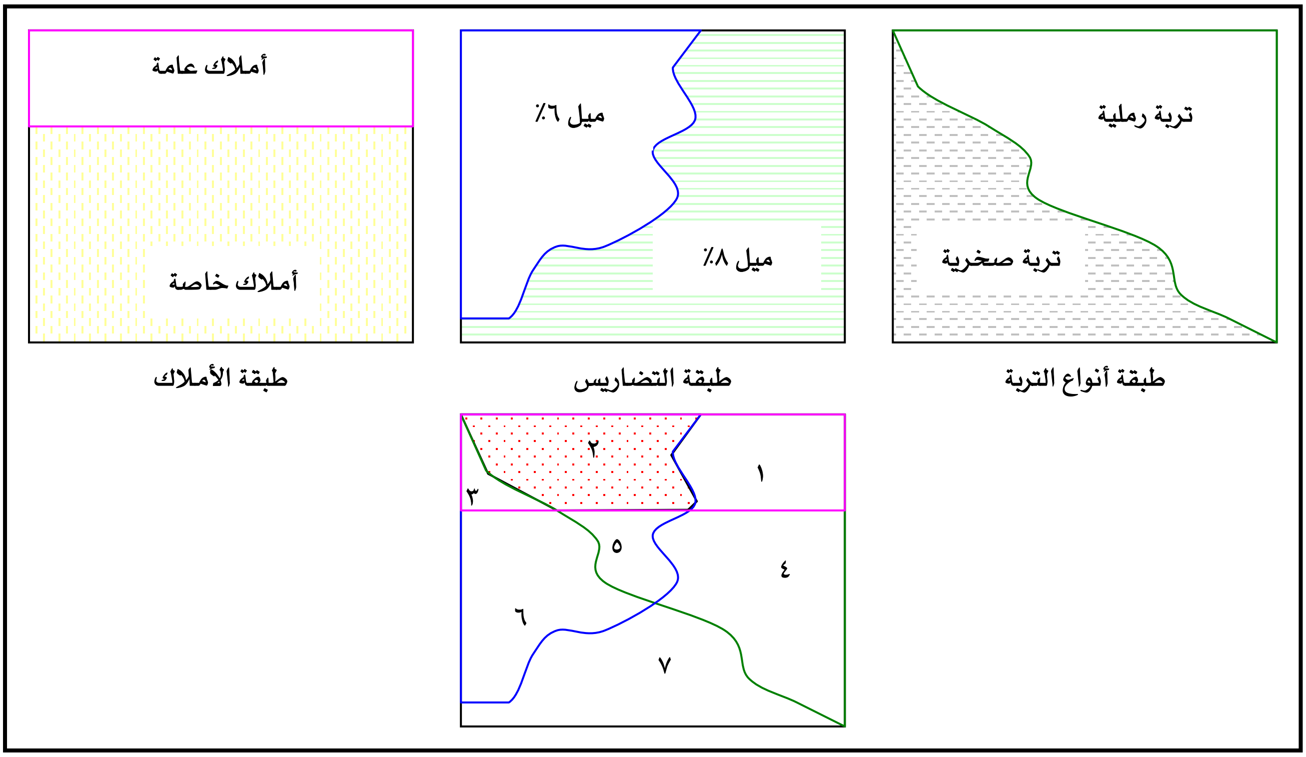


شكل (٤- ١٧): علاقة الوصول في أنظمة المعلومات الجغرافية.

- **علاقة التغطية:**

إن مفهوم التغطية واسع التطبيق لاختيار أفضل الحلول واتخاذ القرارات المناسبة لإقامة مشروع ما في منطقة معينة، حيث يستخدم لإيجاد جزء من منطقة تملك صفات

مميزة، وتعتمد هذه العلاقة على مبدأ أن أنظمة المعلومات الجغرافية توزع المعلومات والمعطيات في طبقات ترتبط بمرجعية واحدة. كأن يراد البحث عن منطقة تغطيها الرمال و تكون من أملاك الدولة وأن لا يتجاوز الميل فيها عن ٦٪ (شكل ٤- ١٨)، وباستخدام الطبقات الثلاث و اختزال المعلومات في (جدول ٤- ١) يتضح أن المنطقة المناسبة هي القطعة رقم (٢). وهي المظللة باللون الأحمر.



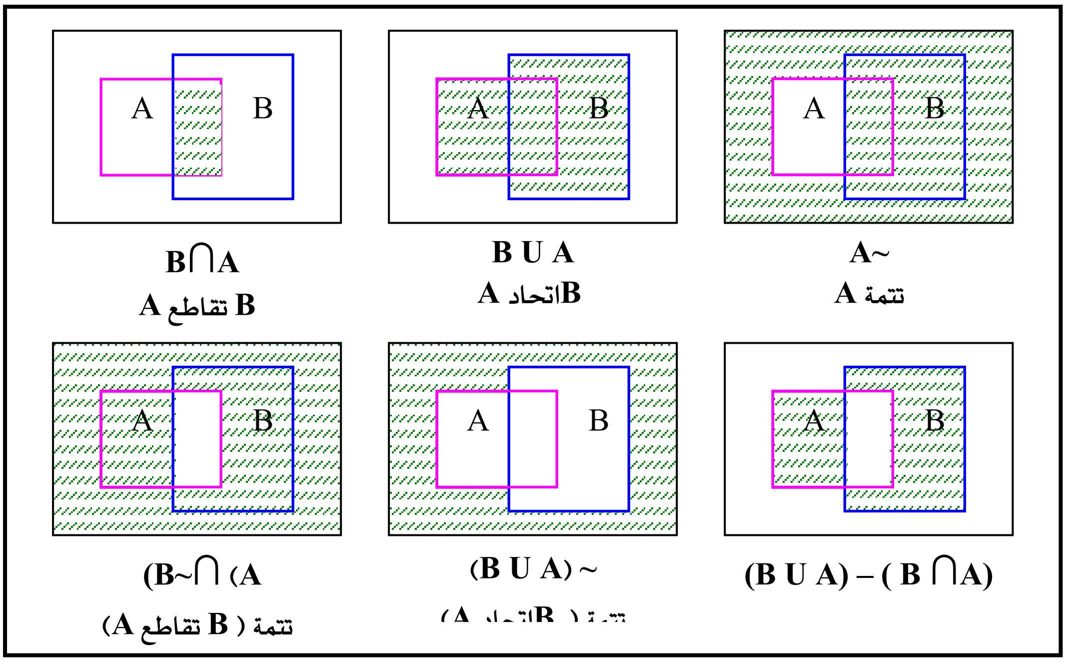
شكل (٤- ١٨): علاقة التغطية في أنظمة المعلومات الجغرافية.

جدول (٤- ١): اختزال المعلومات من قاعدة المعلومات لتطبيق علاقة التغطية.

رمز القطعة	طبقة أنواع التربة	طبقة التضاريس	طبقة الملاك	ملحوظات
١	تربة رملية	ميل ٨٪	أملاك عامة	
٢	تربة رملية	ميل ٦٪	أملاك عامة	المنطقة المناسبة
٣	تربة صخرية	ميل ٦٪	أملاك عامة	
٤	تربة رملية	ميل ٨٪	أملاك خاصة	
٥	تربة رملية	ميل ٦٪	أملاك خاصة	
٦	تربة صخرية	ميل ٦٪	أملاك خاصة	
٧	تربة صخرية	ميل ٨٪	أملاك خاصة	

- **علاقة التقاطع (∩ - "أو") أو الاتحاد (U- "و") و التتمة (~):**

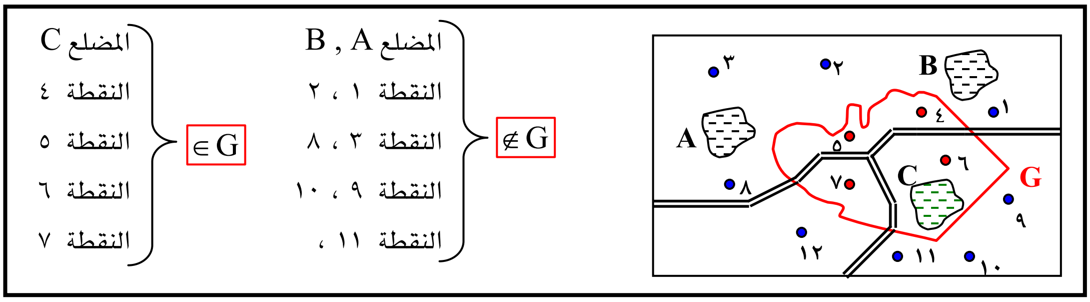
تستخدم أنظمة المعلومات الجغرافية علاقة التقاطع والاتحاد والتتمة بنفس الطريقة التي يستخدم فيها مفهوم التقاطع والاتحاد والتتمة في جبر المجموعات، وهذه المفاهيم مفيدة في المعالجة والتحليل المكاني، فالتقاطع هو إيجاد المنطقة المشتركة، والاتحاد عبارة عن دمج المنطقتين، أما التتمة فهي كل المنطقة ماعدا المنطقة المحددة (شكل ٤- ١٩). وفي المثال السابق إذا أردنا عدم التمييز بين نوعي التربة وهما التربة الرملية والتربة الصخرية فإن عملية اتحاد مساحة النوعين تسمح بإجراء التحليل.



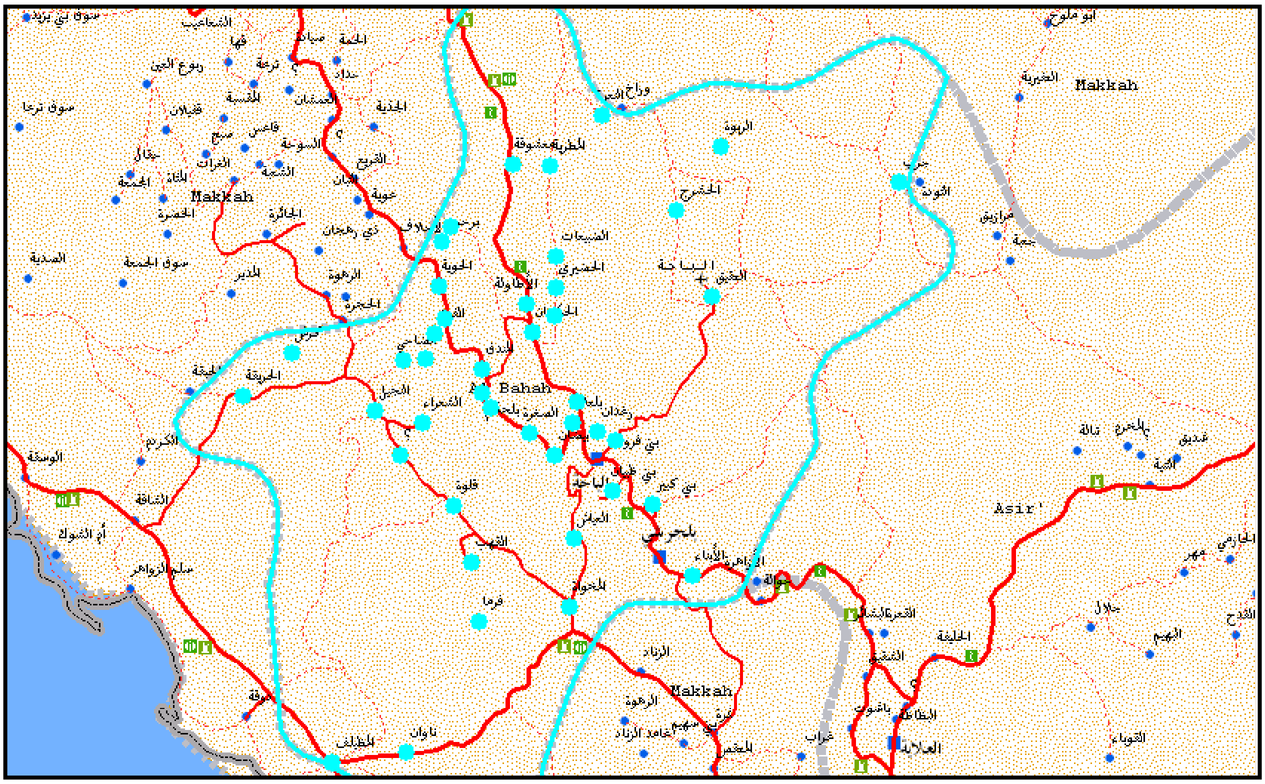
شكل (٤- ١٩): علاقة التقاطع والاتحاد والتتمة في نظم المعلومات الجغرافية.

- **علاقة الانتماء (∉∈):**

وهي تستخدم في البحث أو الاستعلام عن معلم داخل منطقة معينة، وهو نفس مفهوم الانتماء في علم جبر المعلومات (شكل ٤- ٢٠)، ومن أبسط الأمثلة هو البحث عن القرى والهجر داخل منطقة إدارية معينة، وفي (شكل ٤- ٢١) تم الاستعلام عن القرى داخل منطقة الباحة الإدارية فقط.



شكل(٥- ٢٠): علاقة الانتماء في نظم المعلومات الجغرافية.



شكل (٤- ٢١): مثال على علاقة الانتماء في نظم المعلومات الجغرافية.

- **علاقات أخرى:**

بالإضافة إلى العلاقة المذكورة سابقاً والتي تهدف إلى إجراء التحليل المكاني للعناصر والمكونات، هناك علاقات عديدة أخرى متوفرة في أنظمة المعلومات الجغرافية من شأنها أيضاً أن تساعد في التحليل المكاني. من أمثلة هذه العلاقات ما يلي:

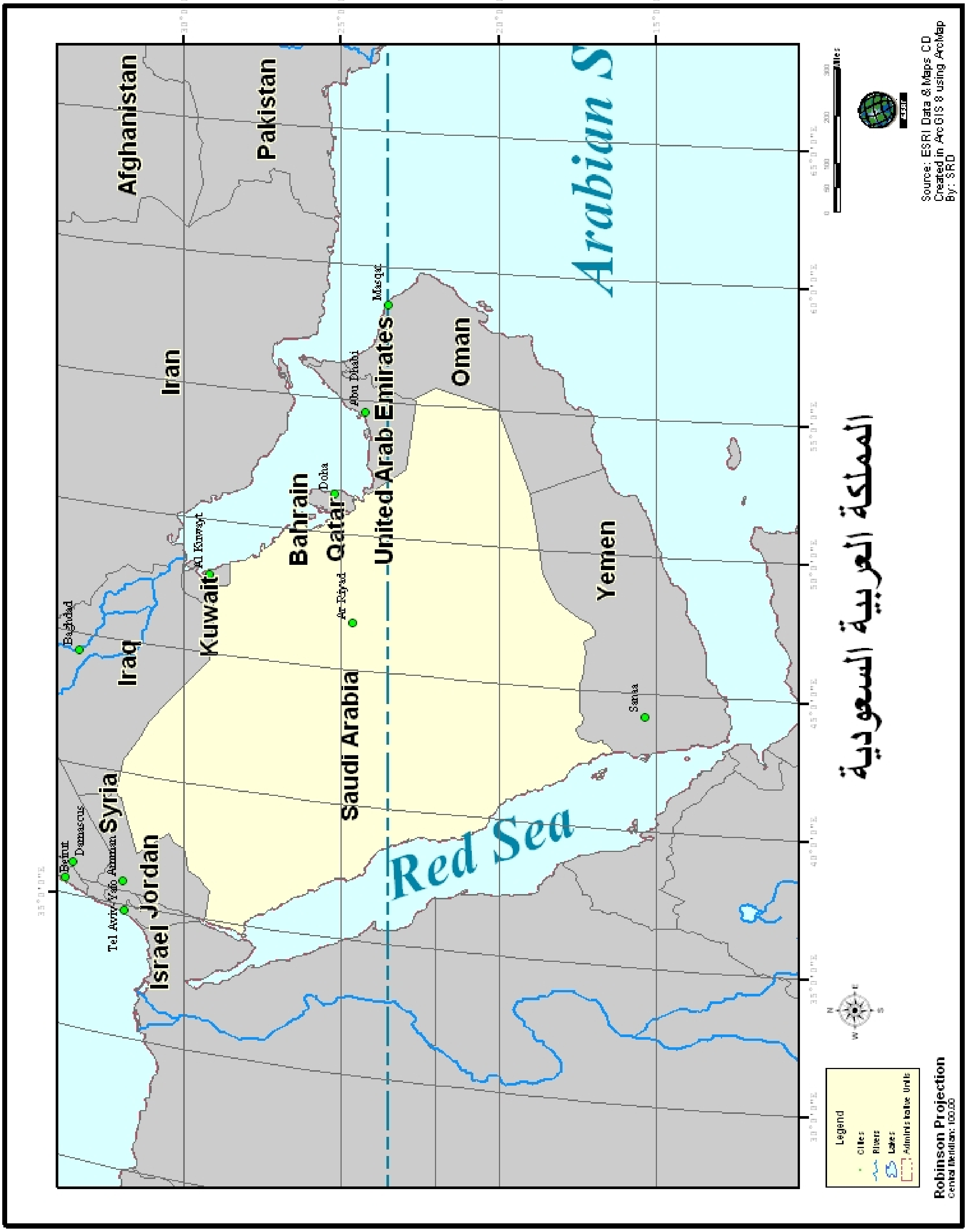
- إمكانية حساب عدد مرات ورود عنصر مكاني (نقطة مثلا) ذي مواصفات محددة ضمن عنصر مساحي معين، كحساب عدد المسابح الموجودة في منازل حي من أحياء مدينة.
- حساب المسافة بين نقاط محددة.
- حساب مساحة عنصر مساحي.
- حساب مسافة بين خط ونقطة.
- حساب حجم مضلعات تم تحديد عمق الحفر فيها.
- تحديد مراكز العناصر المساحية.

٤- ٥ الإخراج:

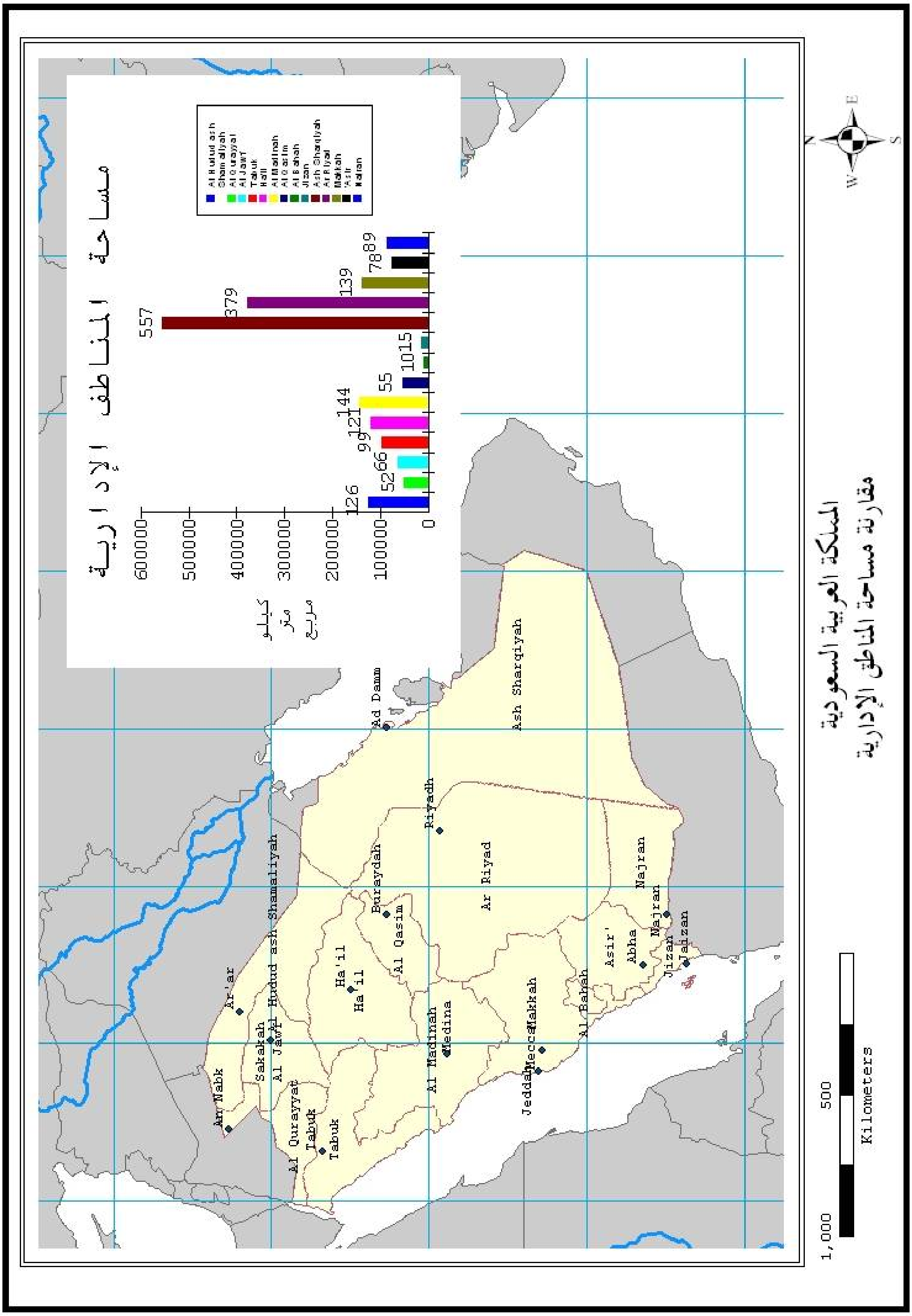
تأخذ المخرجات في نظم المعلومات الجغرافية عدة أشكال من أهمها: الخرائط (شكل ٤- ٢٢) و الرسومات البيانية (شكل ٤- ٢٣) أو الإحصائية (شكل ٤- ٢٤) والجداول أو التقارير النصية و التوصيات (شكل ٤- ٢٥)، وهذه المخرجات يمكن أن تعرض على شاشات الحاسب مباشرة أو تطبع أو تستخدم إحدى وسائل الإخراج السابق ذكرها في الوحدة الثانية.

ومن وسائل الإخراج المنتشرة حالياً صفحات الإنترنت أو مواقع نظم المعلومات الجغرافية على الشبكة العنكبوتية العالمية، حيث تتيح هذه المواقع تصفح واستعراض الخرائط الرقمية و قواعد معلومات عامة لجميع المستخدمين بغية الوصول إلى الأماكن في مدينة ما. من أمثلة هذه المواقع:

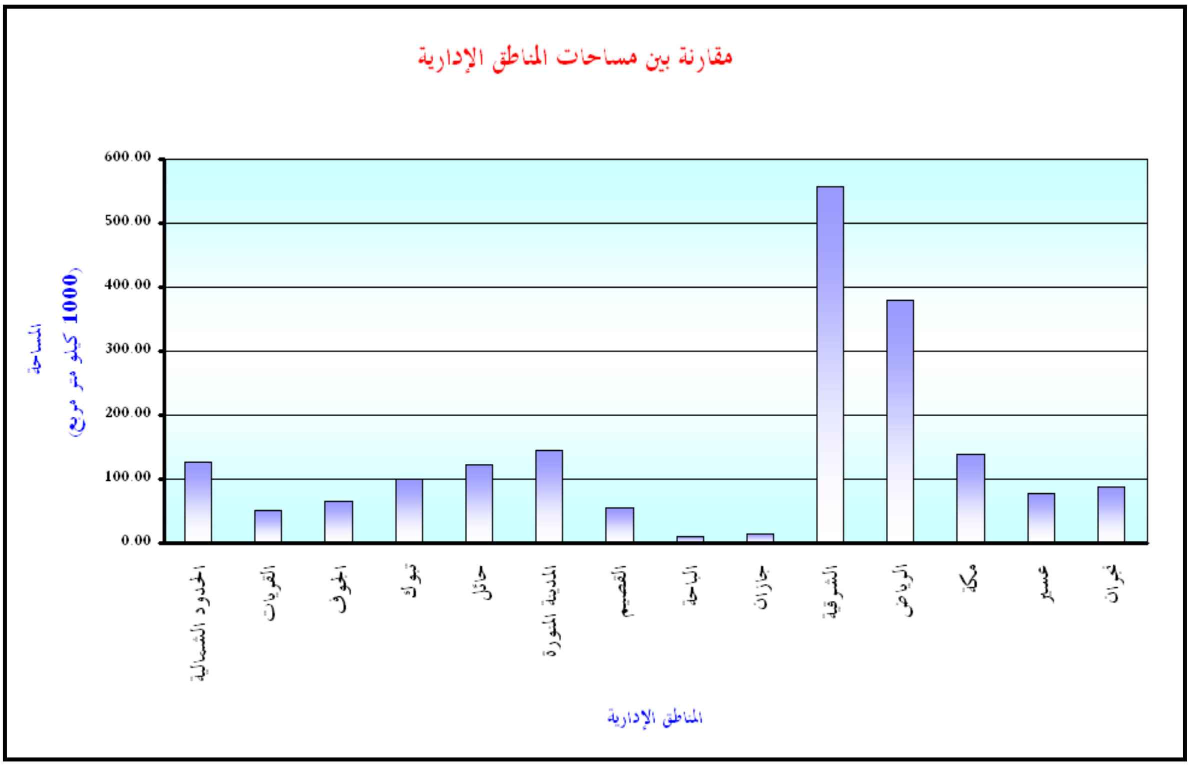
- موقع خريطة الرياض www.arriyadhmap.com (شكل ٤- ٢٦).
- Google Earth (شكل ٤- ٢٧).
- www.Multimap.com (شكل ٤- ٢٨).
- www.Map24.com (شكل ٤- ٢٩).



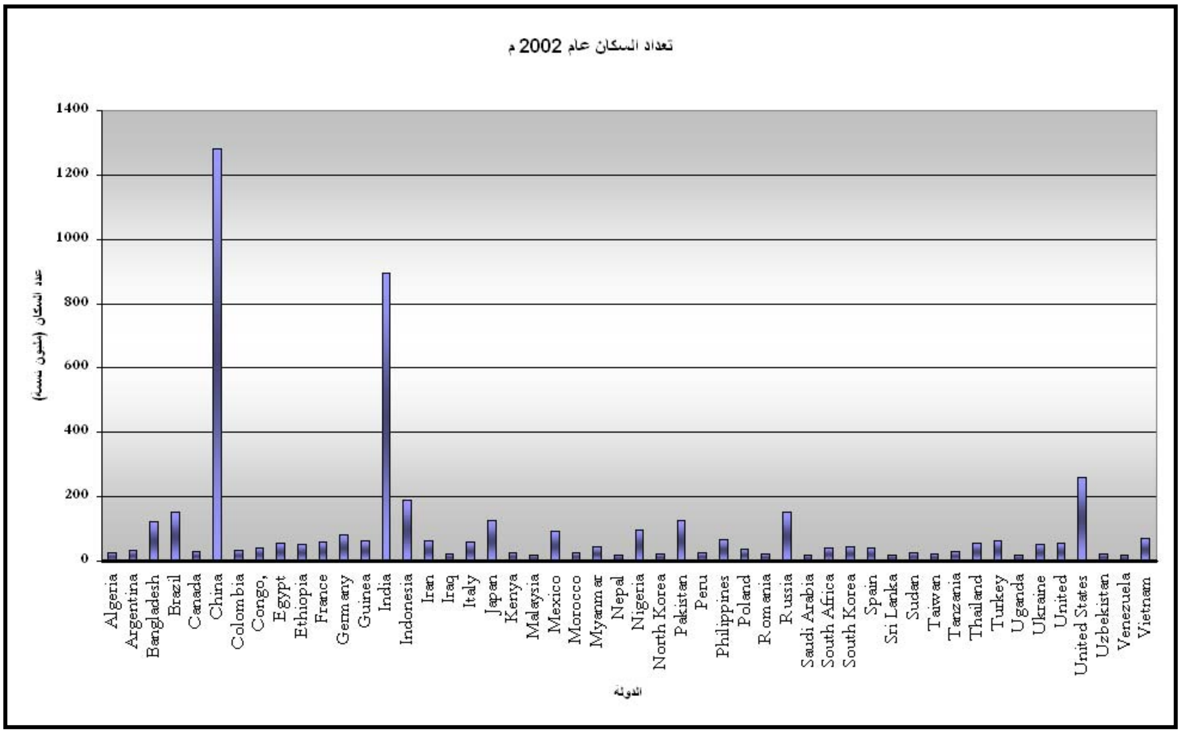
شكل (٤- ٢٢): إخراج النتائج من نظم المعلومات الجغرافية على شكل خرائط.



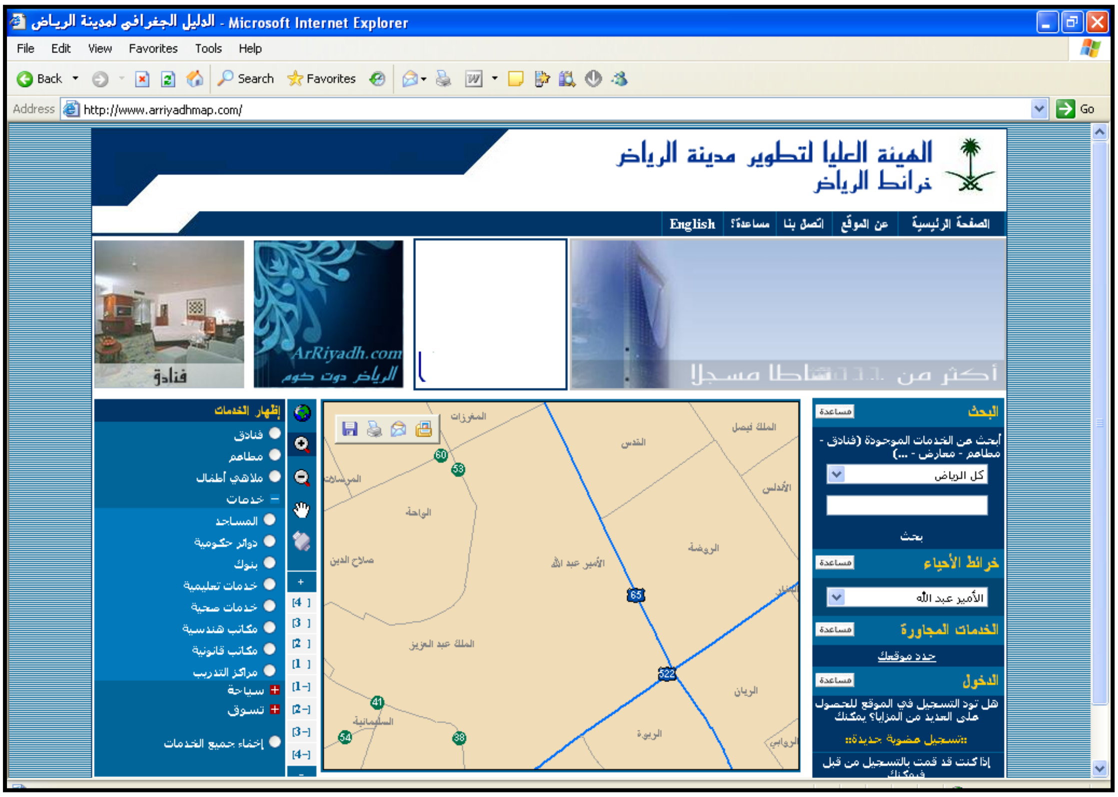
شكل (٤- ٢٣): إخراج النتائج من نظم المعلومات الجغرافية على شكل خرائط مع مخططات بيانية.



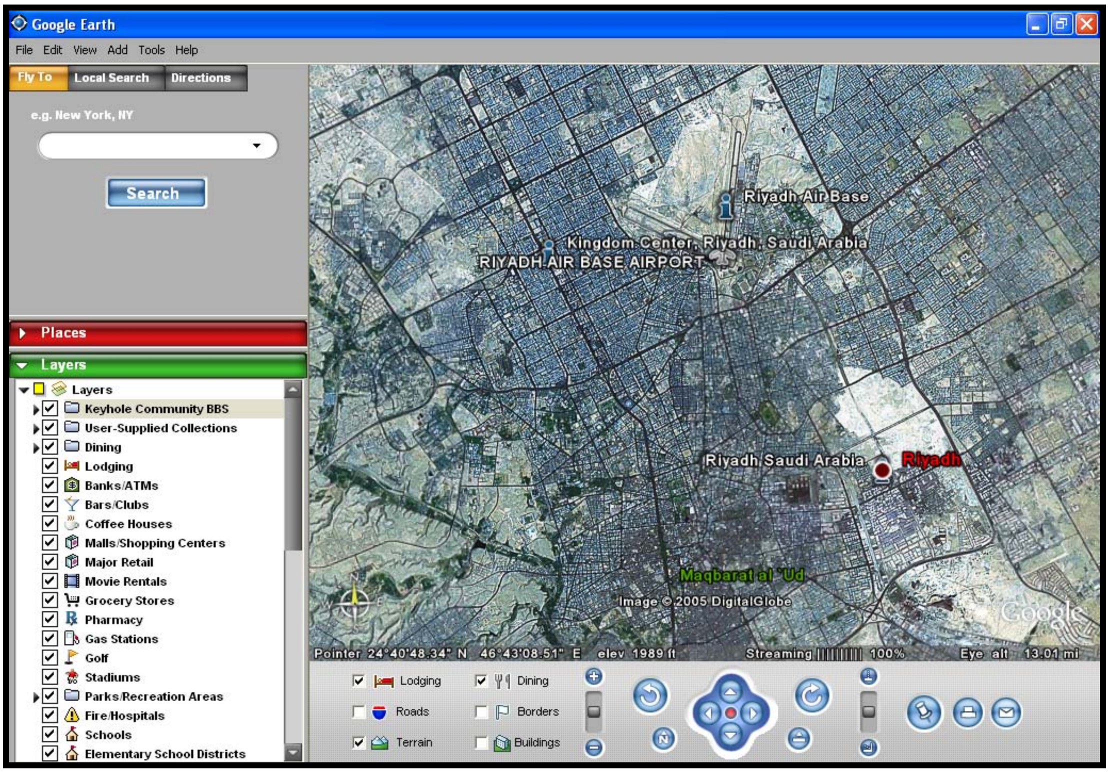
شكل (٤- ٢٤): إخراج النتائج من نظم المعلومات الجغرافية على شكل مخططات بيانية.



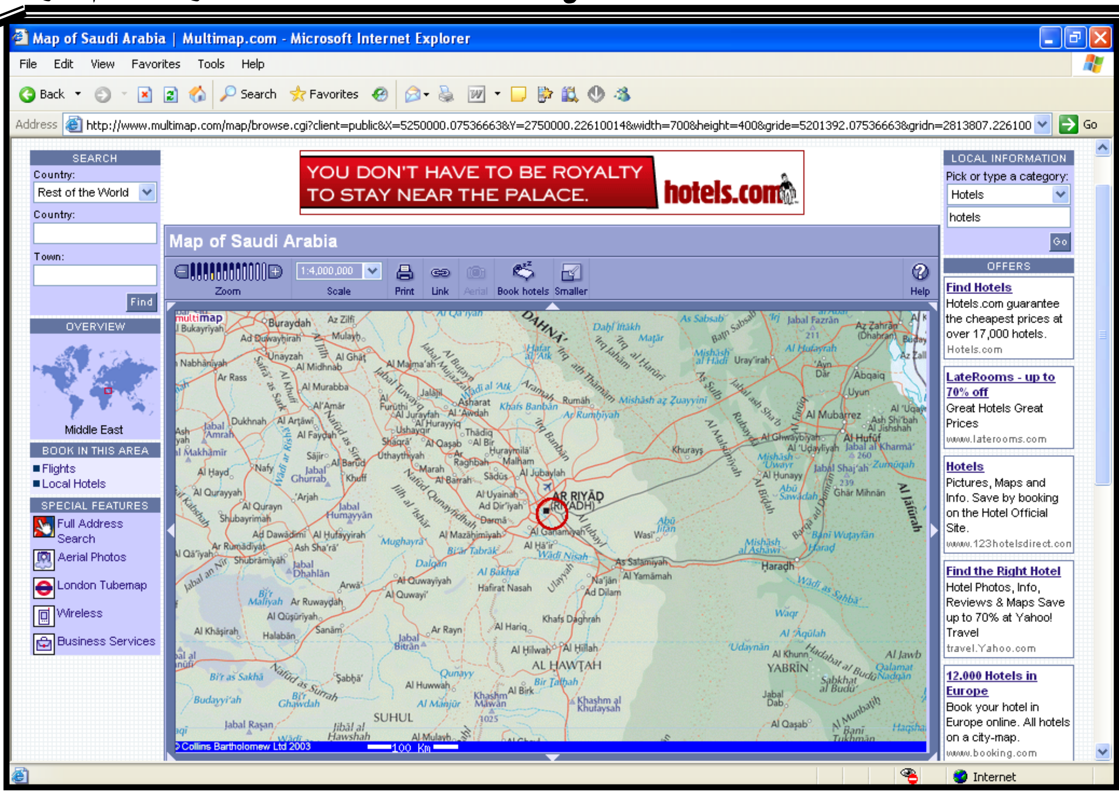
شكل (٤- ٢٥): مثال آخر على إخراج النتائج من نظم المعلومات الجغرافية على شكل مخططات بيانية.



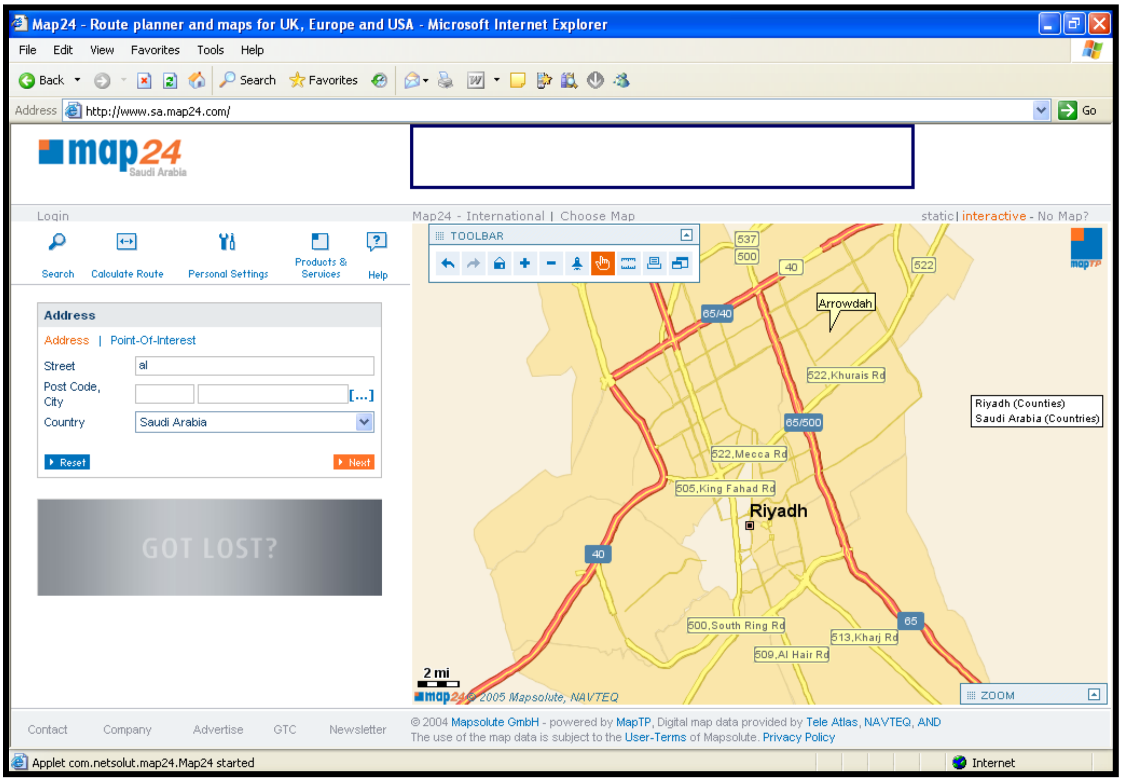
شكل (٤- ٢٦): واجهة موقع خريطة الرياض مثال على مواقع GIS على الإنترنت.



شكل (٤- ٢٧): واجهة برنامج (Google Earth) مثال على مواقع GIS على الإنترنت.



شكل (٤- ٢٨): واجهة موقع (Multimap.com) مثال على مواقع GIS على الانترنت.



شكل (٤- ٢٩): واجهة موقع (Map24.com) مثال على مواقع GIS على الانترنت.

نظم المعلومات الجغرافية

مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية

مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية

الجدارة:

القدرة على معرفة مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية.

الأهداف:

عند ما تكتمل الوحدة تكون لدى المتدرب القدرة على أن يتعرف على مصارد البيانات في نظم المعلومات الجغرافية.

متطلبات الجدارة:

ينبغي أن تتشكل لدى المتدرب صورة متكاملة عن مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية.

مستوى الأداء:

أن يصل المتدرب إلى نسبة ١٠٠٪ في معرفة مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية.

الوسائل المساعدة:

١) أمثلة على نظم المعلومات الجغرافية.

٢) جهاز الحاسب الآلي لعرض الأمثلة والبرامج والمعلومات.

٣) صور جوية و صور الأقمار الصناعية والخرائط.

٤) أجهزة المسح الأرضي.

٥) أجهزة نظام تحديد المواقع العالم العالمي (GPS).

مصادر البيانات في نظم المعلومات الجغرافية

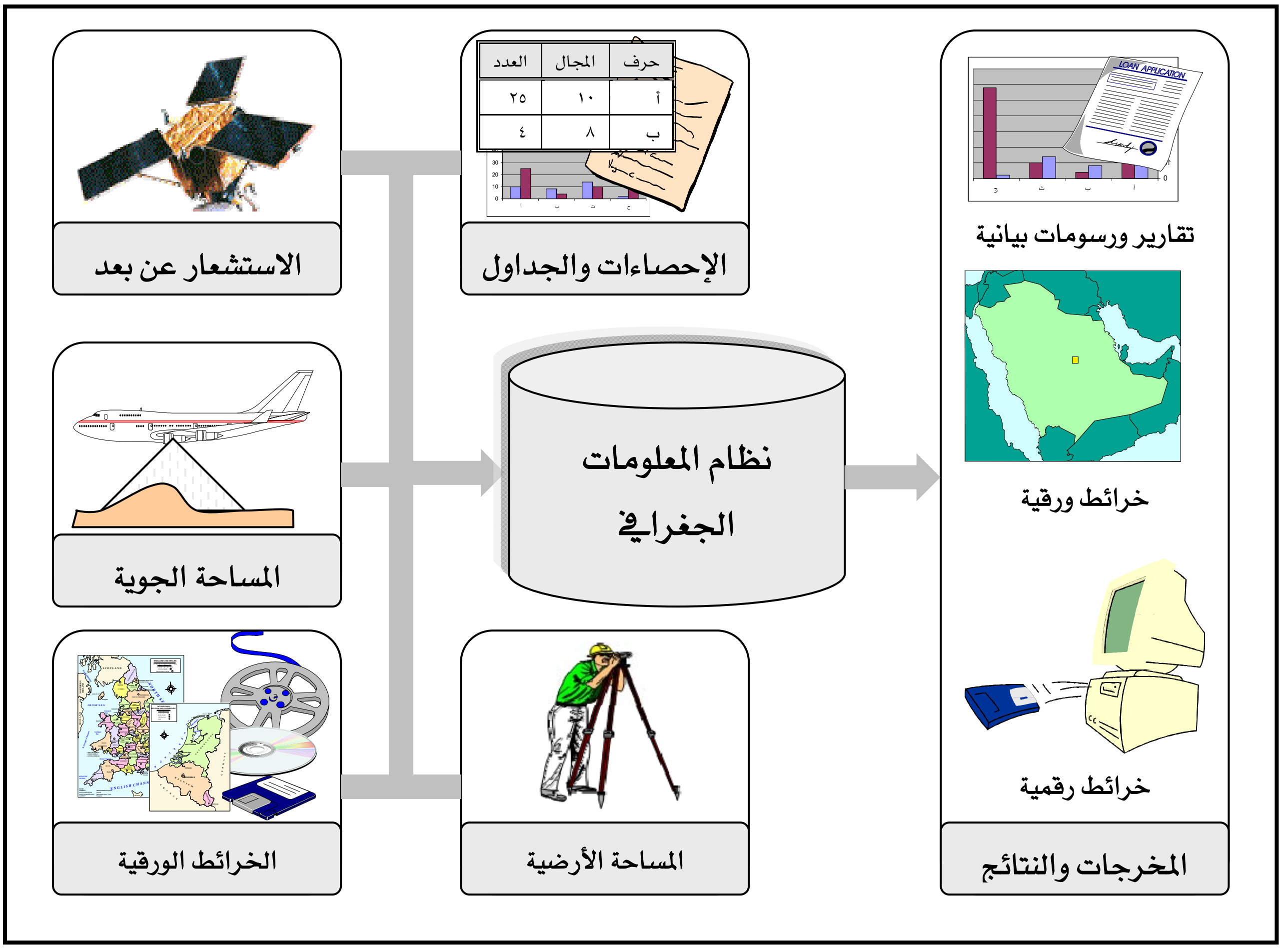
٥- ١ المقدمة:

المعلومات هي أساس أي نظام للمعلومات سواء أكان نظام إدارة المعلومات (MIS) أو نظام معلومات جغرافية (GIS)، لأن وظيفة النظام أخذت من اسمه وهي إدارة ومعالجة تخزين المعلومات، وهذه المعلومات بمختلف أنواعها لا بد أن يكون لها مصدر، ومصادر البيانات لنظم المعلومات الجغرافية كثيرة ومتنوعة ومتباينة وتختلف حسب الغاية والهدف المطلوب تحقيقه، ومن أهم المصادر للبيانات والمعلومات في نظم المعلومات الجغرافية هي (شكل ٥- ١):

- الخرائط الطبوغرافية.
- المساحة الجوية (Photogrammetry).
- الاستشعار عن بعد (Remote Sensing).
- المساحة الأرضية (Field Survey).
- المخططات العقارية.
- الإحصاءات والمسح الميداني.
- بيانات نظم تحديد الموقع العالمي (GPS).
- معلومات بيئية تضم كافة التوزيعات والمؤثرات البيئية والبشرية.
- معلومات زراعية.
- معلومات تخطيطية عن شبكة الطرق بأنواعها المختلفة وكثافة المرور عليها وعلاقتها بالتوسع العمراني.
- معلومات سياحية.
- معلومات عن شبكات الكهرباء والمياه والصرف الصحي وشبكة الاتصالات اللاسلكية.
- معلومات جيولوجية.
- معلومات استخدام الأراضي.
- نماذج الارتفاعات الأرضية (Digital Elevation Model - DEM).
- معلومات إدارية وتشريعية وسائر الوثائق الرسمية والقانونية المتوفرة.

والهدف المطلوب من نظام المعلومات الجغرافي هو الذي يحدد محتوى قواعد البيانات ومصادرها، فمثلا في نظام معلومات جغرافي موجه للسياحة يكتفى بمعلومات جغرافية عامة ومعلومات عن المواقع السياحية والخدمية مثل (فنادق، مطاعم، مراكز تجارية، ...الخ) والمواقع الأثرية والتاريخية. بينما

يتوجب على نظام معلومات جغرافي معد للاستخدام في التخطيط العمراني أن يحتوي على كل المصادر المذكورة سابقاً وربما على مصادر وبيانات أخرى إضافية.



شكل (٥- ١): مصادر المعلومات في نظم المعلومات الجغرافية.

٥- ٢ **الخرائط** (Maps):

إن الفرق بين نظم إدارة المعلومات و نظم المعلومات الجغرافية هو أن نظم المعلومات الجغرافية تعتمد على ربط المعلومات بموقعها على سطح الكرة الأرضية، لذلك فإن الخريطة تمثل الشق الأساسي في إنجاح نظم المعلومات الجغرافية وغالباً ما تكون الخرائط هي التي تحتل النصيب الأكبر من مصادر المعلومات المطلوبة في أنظمة المعلومات الجغرافية، و تعرف الخرائط بأنها تمثيل لجزء أو لكل سطح الأرض بناء على استخدام مقياس مناسب ومسقط ملائم عن طريق استخدام الرموز والألوان، وتصنف الخرائط حسب مقياس الرسم إلى أقسام ثلاثة هي:

- **خرائط ذات مقياس الرسم الصغير:** و تسمى أيضاً بالخرائط المليونية حيث يتراوح مقياس الرسم فيها بين مليون واحد(١:١,٠٠٠,٠٠٠) إلى ستين مليون أو أكثر

(١:٦٠,٠٠٠,٠٠٠)، وعادة ما تستخدم هذه الخرائط كخرائط أساس للخرائط الموضوعية التي تبين عليها درجات الحرارة أو الضغط أو كمية الأمطار والتوزيعات النباتية والحيوانية وكثافة السكان والحدود السياسية بين الدول، لمعرفة مواقع المدن بشكل عام.

- **الخرائط ذات مقياس الرسم المتوسط:** تدخل تحت هذا القسم الخرائط ذات المقياس أكبر من مليون واحد (١:١,٠٠٠,٠٠٠) إلى مقياس خمسة وعشرين ألفاً (١:٢٥,٠٠٠)، ويعني ذلك أن هذا القسم من الخرائط يتضمن الخرائط المشهورة ذات المقياس (١:٥٠٠,٠٠٠ و ١:٢٥٠,٠٠٠ و ١:١٠٠,٠٠٠ و ١:٥٠,٠٠٠) وهذه المقاييس تركز على بيان نوع من التفاصيل للأرض، وتزداد وضوحاً كلما كبر المقياس و احتوت مناطق صغيرة من الأرض. وتستخدم هذه الخرائط بكثرة في أنظمة المعلومات الجغرافية نظرا لتوفرها لأغلب المناطق و لاحتوائها على معلومات كثيرة. وبعض هذه المقاييس متفق عليها عالميا من حيث المساحة (جدول ٥- ١).

جدول (٥- ١): أبعاد الخرائط المشهورة حسب الترتيب الدولي.

مقياس الخريطة	أبعاد الخرائط الواحدة		ملحوظات
	الطول	العرض	
١ : ١,٠٠٠,٠٠٠	٦ درجات	٤ درجات	وتحتوي على ٤ من خرائط ١:٥٠٠,٠٠٠
١ : ٥٠٠,٠٠٠	٣ درجات	درجتين	وتحتوي على ٤ من خرائط ١:٢٥٠,٠٠٠
١ : ٢٥٠,٠٠٠	درجة واحدة و٣٠ دقيقة	درجة واحدة	
١ : ١٠٠,٠٠٠	٣٠ دقيقة	٣٠ دقيقة	وتحتوي على ٤ من خرائط ١:٥٠,٠٠٠
١ : ٥٠,٠٠٠	١٥ دقيقة	١٥ دقيقة	وتحتوي على ٤ من خرائط ١:٢٥,٠٠٠
١ : ٢٥,٠٠٠	٧ دقائق و ٣٠ ثانية	٧ دقائق و ٣٠ ثانية	

- **الخرائط ذات مقياس الرسم الكبير:** تنحصر خرائط هذا النوع من المقاييس بين مقياس رسم ١:١٠,٠٠٠ إلى مقياس ١:٢,٥٠٠ وهي خرائط ذات تفاصيل كثيرة لمنطقة محدودة من الأرض ويكثر استخدامها في بيان الملكيات وخرائط المدن التي توضح بها كثير من المعالم، وتختلف غالباً عن الخرائط الطبوغرافية في كثرة بيانها للتفاصيل مع تمثيل للمظاهر التضاريسية. وغالباً ما تستخدم هذه الخرائط في أنظمة المعلومات الجغرافية لبيان حدود الملكيات وأرقام قطع الأراضي وغيرها من

التفاصيل الدقيقة. وتكون مناسبة ومهمة أكثر في المناطق المركزية في المدينة مثل منطقة الحرم المكي أو المدني.

ومن المعلوم تنوع الظواهر على سطح الكرة الأرضية فمنها ما يعرف بالظواهر الطبيعية مثل التضاريس والغابات والأنهار و مكونات التربة، أو الظواهر البشرية التي لم تتواجد بطريقة طبيعية وإنما كان للإنسان تدخل في تواجدها مثل الطرق والمباني والمطارات والمزارع وغيرها وتوزيعات الجنس البشري على سطح الكرة الأرضية. و على أساس هذا التنوع في الظواهر و المعلومات على سطح الكرة الأرضية جاء تنوع الخرائط الموضحة لهذه الظواهر والمعلومات، لذا صنفت الخرائط حسب المعلومات أو الظواهر المراد إخراجها إلى أصناف عدة نذكر بعضاً منها:

- **الخرائط الطبوغرافية**: وهي تلك التي تحتوي على الظاهرات الطبيعية (كالجبال والهضاب والسهول والأودية والأنهار والمسطحات المائية وغيرها) والبشرية (كالطرق والمدن و القرى والموانئ وغيرها) في مقاييس رسم متوسطة وكبيرة، ويستخدم لتوضيح تلك الظواهر عدد من الرموز والألوان المتفق عليها، وتعد الخرائط الطبوغرافية من أهم أنواع الخرائط على الإطلاق، ويستخدم هذا النوع من الخرائط كأساس للعديد من أنظمة المعلومات الجغرافية، كما تستخدم الخرائط الطبوغرافية كخارطة أساس لبعض أنواع الخرائط الأخرى مثل الخرائط العسكرية.

- **خرائط المدن التفصيلية**: ويختص هذا النوع من الخرائط ببيان تفاصيل معالم المدن مثل الطرق والشوارع والأحياء ومسمياتها والمطارات والحدائق والمنتزهات والمتاحف والمناطق الترفيهية والمرافق الحكومية و مراكز البريد والأسواق والمراكز التجارية والخدمات بأنواعها وكل ما تحتويه المدينة من معالم، وتعد هذه الخرائط مهمة في أنظمة المعلومات الجغرافية المتعلقة بالتخطيط العمراني وتنفيذ إمداد الخدمات الحضرية المختلفة، حيث إنها قد تعد المصدر الأساسي للمعلومات وخاصة ما يتعلق بالمسميات والمعلومات الوصفية

- **الخرائط السياسية:** تهتم الخرائط السياسية ببيان الحدود السياسية بين الدول بالإضافة إلى الحدود الإقليمية بين المناطق الإدارية، وتكون هذه الخرائط مناسبة في العادة كمصدر أساسي لنظم المعلومات الجغرافية ولمعلومات الحدود الدولية والحدود الداخلية للمناطق الإدارية.

- **خرائط شبكة المواصلات (الطرق):** تهتم هذه الخرائط ببيان أنواع الطرق داخل المدينة أو منطقة ما أو دولة ما، و تظهر الطرق على هذا النوع من الخرائط بتصنيفات متعددة بناء على نوعية الطريق وكثافة المرور فيه وتصميم الطرق من حيث الاتساع وعدد المسارات والخدمات المتوفرة فيه، كما لا تقتصر هذه الخرائط على الطرق البرية فقط بل تدخل معها السكك الحديدية و شبكات النقل تحت الأرض والأنفاق. ولهذه الخرائط أهمية كبيرة في نظم المعلومات الجغرافية لما لذلك من توفير كمية كبيرة من المعلومات عن شبكة المواصلات في المنطقة التي تعتمد عليها حياة البشر.

- **خرائط الخدمات:** تهتم هذه الخرائط ببيان الخدمات مثل شبكات المياه أو الهاتف أو الصرف الصحي، و تفيد هذه الخرائط في أنظمة المعلومات الجغرافية حيث تساعد كثيراً في اتخاذ القرارات التخطيطية المستقبلية. وعادة تكون هذه الخرائط من إنتاج شركات الخدمات (مثل شركة الكهرباء السعودية فهي تملك مخططات رقمية كاملة عن شبكة الكهرباء في المملكة العربية السعودية، وكذلك مثل شركة الاتصالات السعودية فهي تملك قاعدة معلومات جبارة عن المقسمات والشبكات الأرضية ومناطق تغطية أبراج الجوال).

- **الخرائط الجيولوجية:** يركز هذا النوع من الخرائط على تمثيل التكوينات الصخرية في منطقة ما حسب مقياس رسم مناسب لمساحة المنطقة ودقة التفاصيل المراد إيضاحها، وتكمن أهمية هذا النوع من الخرائط بإعطاء صورة عن طبيعة التكوين الجيولوجي للأجزاء التي تتكون منها الطبقات الصخرية للأرض بالإضافة إلى بيان أنواع التربة، وتكون هذه الخرائط مفيدة في أنظمة المعلومات الجغرافية كثيراً من حيث اختيار المواقع المناسبة للمشاريع أو لتطوير منطقة ما.

- **خرائط التوزيع السكاني:** يهتم هذا النوع من الخرائط ببيان الظواهر السكانية بفروعها المتعددة مثل التوزيع السكاني والكثافة السكانية ونسب المواليد والوفيات والهجرة على المدن وخرائط الأديان و مستوى التعليم والسلالات البشرية وغيرها من العناصر التي يمكن استخدامها في الإحصائيات السكانية. وتستخدم هذه الخرائط في أنظمة المعلومات الجغرافية حسب حاجة النظام إلى هذه المعلومات واستخدامات النظام،ويمكن إدخال هذه المعلومات أيضاً على شكل جداول إحصائية في نظم المعلومات الجغرافية.

- **خرائط الغطاء النباتي:** ويوضح هذا النوع من الخرائط الغطاء النباتي، وكثافة النباتات في منطقة ما، ومن أهم ما تقدمه هذه الخرائط بيان العلاقات المكانية بين النباتات المختلفة، وتستخدم هذه الخرائط في أنظمة المعلومات الجغرافية في تحديد النوع للنباتات ودراسات التصحر وزحف المدن على المناطق الزراعية واتخاذ القرارات بخصوص المنح الزراعية.

- **خرائط استخدامات الأراضي:** ويوضح هذا النوع من الخرائط استخدامات الأراضي من الزراعي والسكني والتجاري وأملاك الدولة، وتكون الاستفادة من هذه الخرائط في أنظمة المعلومات الجغرافية كبيرة في تحدي هذه المعلومات.

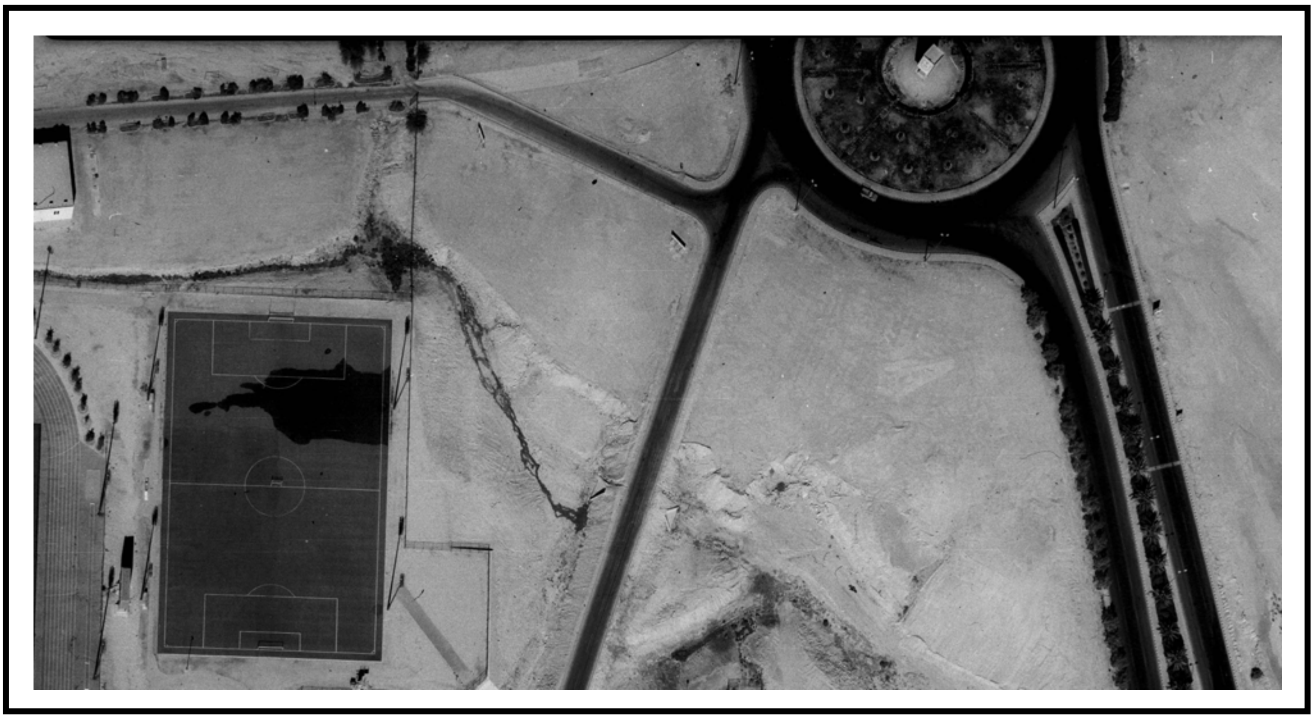
- **الخرائط الهيدروجرافية:** وهي تلك الخرائط التي ترسم للمناطق المائية و اليابسة المحيطة بها، وهي تحتوي عادة على بيانات عن أعماق المياه الإقليمية وطبوغرافية قاع المسطحات المائية، وتختلف مقاييس الرسم لهذا النوع من الخرائط وذلك باختلاف حجم المساحة المائية التي ترسم لها. وترسم عادة لمناطق الموانئ البحرية والخلجان التي تتسم بوجود نشاط في الحركة البحرية والاستغلال البشري، وقد انتشرت اليوم في معظم الدول المتقدمة التي تقع على البحار والمحيطات التي تنفذ مشاريع تطبيقية في هذا المجال والتي باتت تعرف بنظم المعلومات الهيدروجرافية وخاصة في كندا (Hydrographic Information Systems)، حيث صممت برامج خاصة لذلك مثل نظام (CARIS) الكندي.

و الجدير بالذكر أن معظم الخرائط يتم إنتاجها من الصور الجوية أو صور الأقمار الاصطناعية، مع ملاحظة أن هنالك معلومات ربما لا تكون ظاهرة على الصور بأنواعها ويجري تمثيلها على الخريطة. واشتقاق خريطة بمقياس أصغر من خريطة أساسية بمقياس كبير يحتاج إلى تصغير (Reduction) وتعميم (Generalization) المعلومات الموجودة في الخريطة ذات المقياس الكبير (مثلاً إذا أردنا إنتاج خريطة ذات مقياس صغير ١:١٠٠,٠٠٠ من خريطة ذات مقياس كبير ١:٢٥,٠٠٠ فإننا نحتاج لتصغير المعالم وتعميم الظواهر ليسهل رسمها على الخريطة).

وطبيعة مشاريع أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS) و تحدد أنواع الخرائط المطلوبة وما مدى الاستفادة منها، فعلى سبيل المثال في مشاريع أنظمة المعلومات الجغرافية المهتمة بالتفاصيل الداخلية للمدينة وتوزيع الخدمات والمنشآت لا تحتاج إلى الخرائط السياسية مثلاً ولكن تعد الخرائط التفصيلية وخرائط الخدمات أساسية في هذه المشاريع.

٥- ٣ المساحة الجوية (Photogrammetry):

تلعب الصور الجوية دوراً هاماً في مجال الخرائط الأساسية وخاصة الصور العمودية منها، والتي يمكن أن تستخدم في تصحيح الخرائط الطبوغرافية ورسم الخرائط التفصيلية الدقيقة (شكل ٥- ٢)، وفي مجال نظم المعلومات الجغرافية يمكن الاستفادة مباشرة من الصور الجوية العمودية وخاصة في مجال استخدامات الأراضي ومجال دراسة البيئة ومجال التخطيط العمراني، حيث توجد نظم معلومات جغرافية شبكية (Raster GIS) والتي يمكن بواسطتها إدخال الصور الجوية مباشرة باستخدام أجهزة المسح الضوئي (Scanner). ويمكن إجراء التعديلات اللازمة على الصور لغاية التحقيق من التجانس في المقياس ثم يجري دمج الصور المتلاصقة لتشكيل خريطة أو خريطة صورية مصححة (Ortho photomap) والتي تزخر بالمعلومات وتعبر تعبيراً حقيقياً شاملاً عن الأرض المصورة ومن ثم تستخدم كبديل عن الخرائط في المناطق التي لا تتوفر لها أية معلومات مساحية أو خرائط. وهناك علاقة وثيقة بين مقياس رسم الصور الجوية وبين المجال الذي يستخدم في (جدول ٥- ٢).



شكل (٥- ٢): مثال على الصور الجوية.

جدول (٥- ٢): مجالات استخدام الصور الجوية في مقاييس الرسم المختلفة.

مقياس الرسم للصور الجوية	مجال الاستخدام
١:٤,٠٠٠	الخرائط المصورة (Orthophoto Map) للملكيات والأقاليم التفصيلية
١:٥,٠٠٠- ١:١٠,٠٠٠	خرائط تفصيلية للمدن والقرى
١:٢٠,٠٠٠	خرائط عامة للمدن
١:٤٠,٠٠٠	خرائط للدراسات الإقليمية واستخدامات الأراضي
١:٢٠,٠٠٠- ١:٥٠,٠٠٠	خرائط طبوغرافية من مقاس ١:٢٥,٠٠٠- ١:١٠٠,٠٠٠
١:٨٠,٠٠٠	خرائط طبوغرافية متوسطة المقياس
١:١٠٠,٠٠٠	الدراسات الاستطلاعية

هذا بالإضافة إلى مقاييس رسم أخرى يمكن تحديدها حسب موضوع التطبيق وحسب طبيعة المنطقة تضاريسيا، فكلما كانت المنطقة شديدة التباين التضاريسي كلما كبر مقياس رسم الصورة الجوية، كما أن الدراسات البيئية وخاصة للمناطق الساحلية تحتاج إلى مواصفات خاصة للتصوير مثل نوعية الفلم وأسلوب التصوير. وتحتاج الصور الجوية إلى تجهيزات فنية لتحليلها بهدف الاستفادة المثلى منها في رسم الخرائط كمرحلة تمهيدية لإدخالها في نظم المعلومات الجغرافية، ومن أمثلة هذه التجهيزات أجهزة الرؤية المجسمة والتي تستخدم في تحليل الصور الجوية وقراءتها على أساس الرؤية المجسمة لصورتين متتاليتين، حيث يوجد هنالك عدد كبير من هذه الأجهزة التي تخدم مجموعها عمليات قياسات الارتفاعات الأرضية (Digital Elevation Model - DEM)، إلى جانب رسم الخرائط مباشرة من الصور الجوية، كما تستخدم الصور الجوية في نظم المعلومات الجغرافية كبديل لخرائط الأساس في حال عدم توفرها لأن الصور الجوية أحد مصادر خرائط الأساس كما ذكرنا سابقا.

٥- ٤ الاستشعار عن بعد (Remote Sensing):

تعتمد نظم المعلومات الجغرافية أيضاً على معلومات الصور الفضائية أو ما يعرف بالاستشعار عن بعد، والتي يمكن بواسطتها الحصول على بيانات مكانية للمواقع التي لا يمكن الحصول عليها من المصادر الأخرى كطرق المسح الأرضي أو المساحة الجوية، وتعد الصور الفضائية من المصادر الرخيصة نسبياً إذا ما قورنت بالتكاليف التي تنفق على الطرق التقليدية الأخرى، والجدير بالذكر أن الصور الفضائية تختلف في نوعيتها ومجالات استخدامها من قمر صناعي إلى آخر وعليه فإن من الضروري الوضع في الاعتبار نوعية الأقمار الصناعية المطلوب الحصول على الصور منها وذلك حسب المشروع والمعلومات المطلوبة. وقد ازداد استخدام الصور الفضائية مع الزمن وخصوصاً بعد التطور الملحوظ في الدقة التمييزية المكانية للصور (Spatial Resolution) (جدول ٥- ٣)، وبناء على الدقة التمييزية والتغطية المكانية للقمر تتحدد التطبيقات والاستخدامات لهذه الصور(شكل ٥- ٣).

جدول (٥- ٣): بعض الأقمار الصناعية وتطبيقاتها.

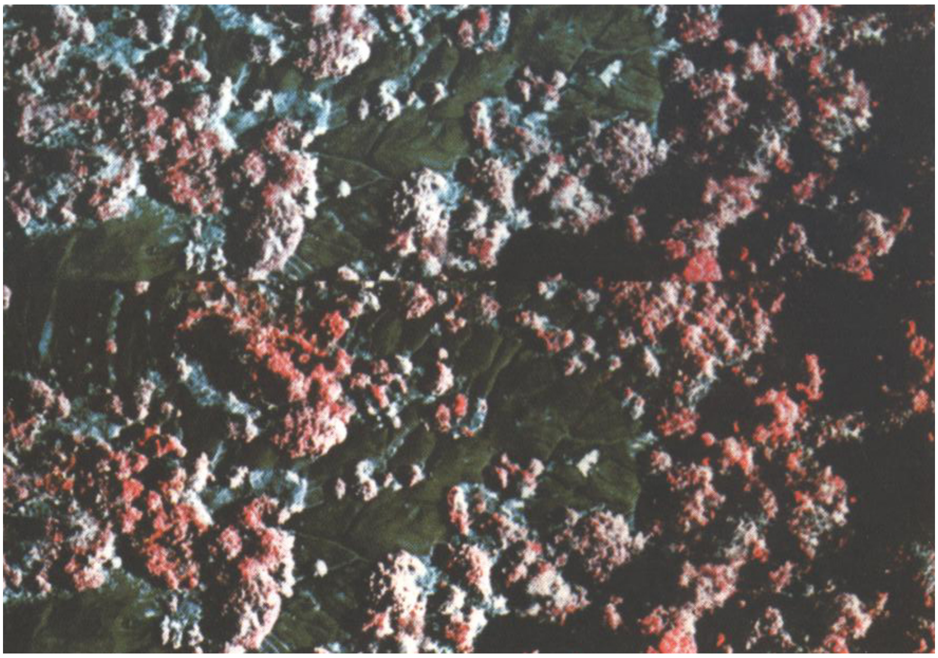
أهم التطبيقات	التغطية المكانية	الدقة التمييزية المكانية (حجم البكسل) Spatial Resolution		الدولة المالكة	أسم القمر
		متعددة الألوان	أحادية اللون		
الغطاء النباتي والمحاصيل الزراعية واستخدامات الأراضي	١٨٥ متر	٣٠ متر	١٥ متر	أمريكا	Landsat 7
الخرائط التفصيلية ومخططات المدن و الأغراض العسكرية	١١ متر	٤ متر	١ متر	أمريكا	IKONOS-2
الخرائط التفصيلية ومخططات المدن و الأغراض العسكرية	١٦ متر	٢,٥ متر	٦٠ سنتمتر	أمريكا	QuickBird-2
استخدامات الأراضي والموارد الطبيعية	١٢٠ متر	١٠ متر	٢,٥ متر	فرنسا	SPOT-5
الخرائط التفصيلية ومخططات المدن و الأغراض العسكرية	٨ متر	٤ متر	١ متر	أمريكا	OrbView 3
تطبيقات الموارد الطبيعية الأرضية	١٢٤/٢٤متر	٢٣/٦ متر	٦ متر	الهند	IRS ResourceSat-1
تطبيقات الطقس و المناخ	٢٢٤٠كم	١- ٤٠ كيلومتر		أمريكا	NOAA-15
تصوير المناطق ذات الطقس الغائم، دراسات الأراضي	٧٥- ٣٠٠كم	٢٠- ٦٠ متر		أمريكا	RADARSAT

ويلزم للتعامل مع الصور الفضائية ومنتجات الاستشعار عن بعد الحصول على برامج لمعالجة الصور (Image Processing) باستخدام الحاسب الآلي وذلك لقراءتها ومعالجتها حسب الغرض المطلوب استعدادا لإدخالها في نظم المعلومات الجغرافية، لأن أغلب منتجات الاستشعار عن بعد (الصور الفضائية) تأتي على هيئات رقمية تخزن في وسائط رقمية (مثل الأشرطة المغنطة أو الأقراص المغنطة Magnetic Tape والمضغوطة DVD – CD-Rom)، وتوجد كثير من برامج عديدة لمعالجة الصور الرقمية من أمثلتها (ERDAS IMAGINE, PCI, ER Mapper) وغيرها كثير.

ومن أهم الميزات في منتجات الاستشعار عن بعد الحصول على المعلومات بسرعة أكثر من الصور الجوية لأن التصوير الفضائي يتم على مدار الساعة ويخزن إلى أن تأتي الحاجة إليه، بعكس الصور الجوية فإن التصوير لابد أن يكون بطلب مستقل غالباً مما يزيد من تكلفة الصور الجوية مقارنة بمنتجات الاستشعار عن بعد. وأيضا في أنظمة الاستشعار عن بعد مستشعرات مختلفة القدرة مما يعطي خبرات أكثر ومنتجات أكثر تنوعاً، مثل التصوير بالأشعة تحت الحمراء والتي تستخدم غالباً لأغراض التطبيقات الزراعية والغابات (شكل ٥- ٤).



شكل (٥- ٣): دقة الصور لها تأثير في الاستخدامات المتاحة.



شكل (٥- ٤): مثال على صورة حساسة للأشعة تحت الحمراء القريبة، يمكن فيها تمييز النباتات الضعيفة أو الميتة التي تظهر بلون رمادي مائل للزرقة.

٥- ٥ المساحة الأرضية (Field Survey):

تعد المساحة الأرضية من المصادر المكملة للمصادر الأخرى كإنشاء نقاط تحكم أرضية لربط الصور الجوية والفضائية بالإحداثيات الأرضية، كما تستخدم لتصحيح التشوهات في الخرائط الورقية، ولا يقتصر دور المساحة الأرضية على تأمين العدد الكافي من نقاط التحكم بل يتعدى ليصل إلى رفع التفاصيل لمناطق كاملة، تلك المناطق التي لا تتوفر فيها المعلومات من المصادر الأخرى أو لتحديث المعلومات القديمة أو التأكد من صحتها ومصداقيتها.

وعادة يجري استخدام طرق المساحة المعروفة مثل التثليث أو التضليع أو التقاطع الأمامي والخلفي للتغلب على العقبات التي تواجه الفنيين في الميدان، وتستخدم الأجهزة الحديثة مثل المحطة الكاملة (Total Station) أو التيودوليت (Theodolite) أو الأجهزة الإلكترونية التي تخزن المعلومات رقمية ليسهل تحويلها إلى برامج الرسم تمهيداً لنقلها والاستفادة منها في نظم المعلومات الجغرافية. والجدير بالذكر أن أغلب البرامج الحديثة من أنظمة المعلومات الجغرافية تدعم المعلومات مباشرة من أجهزة الرفع المساحي. مما يسهل ويسرع عملية الاستفادة من المعلومات و القياسات الميدانية في أنظمة المعلومات الجغرافية.

٥- ٦ الإحصاءات والمسح الميداني:

من المعلوم أن أنظمة المعلومات الجغرافية تحتوي على معلومات مكانية ومعلومات وصفية أو بيانية، ولا تقل أهمية المعلومات الوصفية عن المعلومات المكانية، بل إنها مكملة لها، والدمج بين المعلومات المكانية والمعلومات الوصفية هو ما تتميز به أنظمة المعلومات الجغرافية عن باقي أنظمة إدارة المعلومات.

ومن أهم مصادر المعلومات الوصفية عمليات الإحصاءات والمسح الميداني، لما توفر هذه المصادر من المعلومات المهمة ولأنها مكملة للمعلومات الوصفية المستنتجة من الخرائط والصور (مثل أسماء الطرق وأنواع الطرق وأشكل المباني و ارتفاعاتها)، و عمليات الإحصاء تزود قاعدة المعلومات الجغرافية بمعلومات وبيانات مفيدة جداً لاتخاذ القرار، وأقرب مثال على ذلك التعداد السكاني، فهو مصدر مهم للمعلومات الوصفية. ومن خلال المسح الميداني يمكن التأكد من صحة المعلومات المستنتجة من المصادر الأخرى (مثل أسماء الطرق على الخرائط التفصيلية). ومن أمثلة المعلومات الوصفية: أنواع إشارات المرور، عدد الحوادث، أسماء الآبار، أسماء الأودية والأنهار، أسماء و أنواع الطرق والمسارات، أنواع التربة، ملكيات الأراضي، أسماء الأحياء والبلديات، أسماء المدن والقرى والهجر، التخصصات الطبية في مستشفى ما، عدد الأسرة في المستشفى،متوسط درجات الحرارة في المنطقة، درجة الرطوبة، ... وغيرها.

ومن الممكن تقسيم المعلومات الوصفية المستخدمة في أنظمة المعلومات الجغرافية إلى:

- **المعلومات** السكانية **والعمرانية**: التي تحتوي على إحصائيات السكان والمساكن مثل اسم وعدد أفراد العائلة، وعنوان السكن، وعدد الغرف، و معلومات المستشفيات والتخصصات الطبية الموجودة فيها وإمكانياتها الطبية وسعتها الاستيعابية من عدد الأسرة، وحيث يتم تسجيل هذه المعلومات في ملفات رقمية خاصة لكل عائلة أو لكل حي أو لكل منطقة أو مجموعة من المناطق ليتم استخدامها من قبل المسؤولين في التخطيط وإدارة الإحصاء وغيرها. كما تحتوي أسماء الظواهر الطبيعية والمعالم غير الطبيعية، مثل أسماء الآبار والأودية والأنهار، وأسماء الأحياء والمناطق،وأسماء الطرق وأنواعها، وغيرها من المعلومات الوصفية.

- **المعلومات المناخية والبيئية**: والتي تكون في الغالب معلومات عددية توضح درجات الحرارة ونسب الرطوبة واتجاه الريح في موقع الرصد، والمعلومات البيئية مثل ملوثات الهواء والماء والتربة من الغازات والسوائل، وتتوفر هذه المعلومات في الإدارة المسؤولة عن البيئة والمحافظة عليها مثل مصلحة الأرصاد والبيئة.

- **المعلومات الجيولوجية**: وهي تشمل نوعية و تركيب الصخور وعمرها الزمني، والمعادن المتوفرة في هذه الصخور وطبقات الأرض لدراسة التربة للأعمال الجيولوجية والبترولية.

٥- ٧ نظام تحديد الموقع العالمي (Global Position System-GPS):

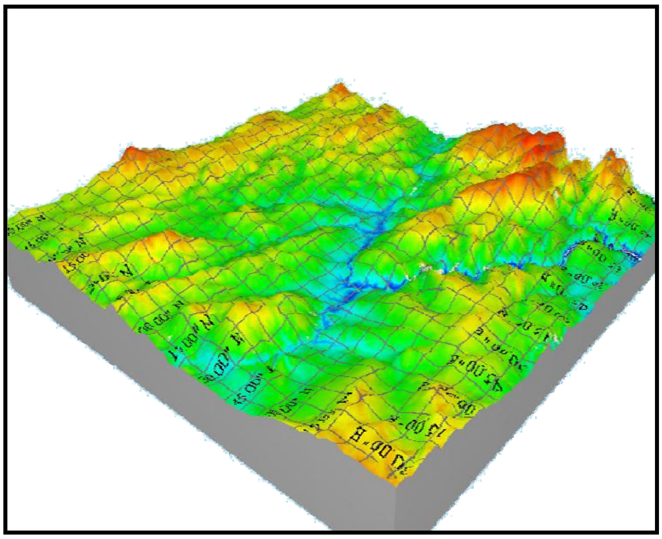
تعد البيانات التي يتم الحصول عليها بواسطة أقمار الملاحة و نظم تحديد المواقع العالمية من أهم المصادر التي تعتمد عليها نظم المعلومات الجغرافية، حيث وصلت الأقمار الصناعية الأمريكية إلى ٢٤ قمراً صناعياً تبث ٢٤ ساعة دون تقيد بظروف الطقس أو المكان، وقد تصل دقتها الأرضية إلى ما بين ١- ١٠ متر بل أيضاً عند توفر متطلبات وتجهيزات خاصة قد تصل الدقة إلى سنتيمترات قليلة.

وتمثل نظم GPS وسيلة جمع وحصر المعلومات في مجالات علمية مختلفة و ذلك للمساهمة في تصميم قواعد للمعلومات بأسرع وسيلة ممكنة وعلى درجة عالية من الدقة، وتساهم نظم GPS في حصر المعلومات الجيولوجية والملاحة البحرية والجوية. و يعد مجال تحديد وتوجيه المركبات (Vehicle Tracking) من أهم المجالات التطبيقية لنظم GPS المربوطة بنظم المعلومات الجغرافية وذلك لما تتيحه

من توجيه قيادة المركبات في الطرق الصحيحة وخاصة تلك السيارات التي تحتاج إلى السرعة مثل الإسعاف والمطافئ، فبواسطة نظام GPS المربوط بنظام المعلومات الجغرافية يمكن تحديد موقع المركبة على قاعدة المعلومات الجغرافية إلكترونيا في الحاسب الآلي، ثم تحديد المسار الأفضل للوصول إلى الهدف المطلوب في أقصر وقت ممكن وأقصر مسافة أيضاً، كما يمكن استخدام هذين النظامين معا في تطبيقات مختلفة مثل حراسة الغابات لتحديد مواقع المركبات في الغابة في أي وقت، ومثال آخر نظام البريد الإلكتروني الذي يتم توزيع البريد على صناديق البريد المربوطة بنظام GPS على قاعدة معلومات جغرافية.

٥- ٨ نماذج الارتفاعات الأرضية (Digital Elevation Model - DEM).

نماذج الارتفاعات الأرضية (Digital Elevation Model-DEM) هي عبارة عن مجموعة من النقاط في منطقة من سطح الأرض تم تعيين موقعها المستوي (x, y) وارتفاعاتها (z) وتكون كل نقطة معرفة في الفراغ الفضائي بقيم على ثلاثة محاور (X, Y, Z)، وهذه القيم تمثل تضاريس الأرض على نحو مستمر (شكل ٥- ٥). وهناك أسماء كثيرة مرادفة لهذا المعنى منها على سبيل المثال وليس الحصر (نموذج التضاريس العددي (Digital Terrain Model - DTM)، معلومات الارتفاعات الأرضية الرقمية (Digital Terrain Elevation Data - DTED)).

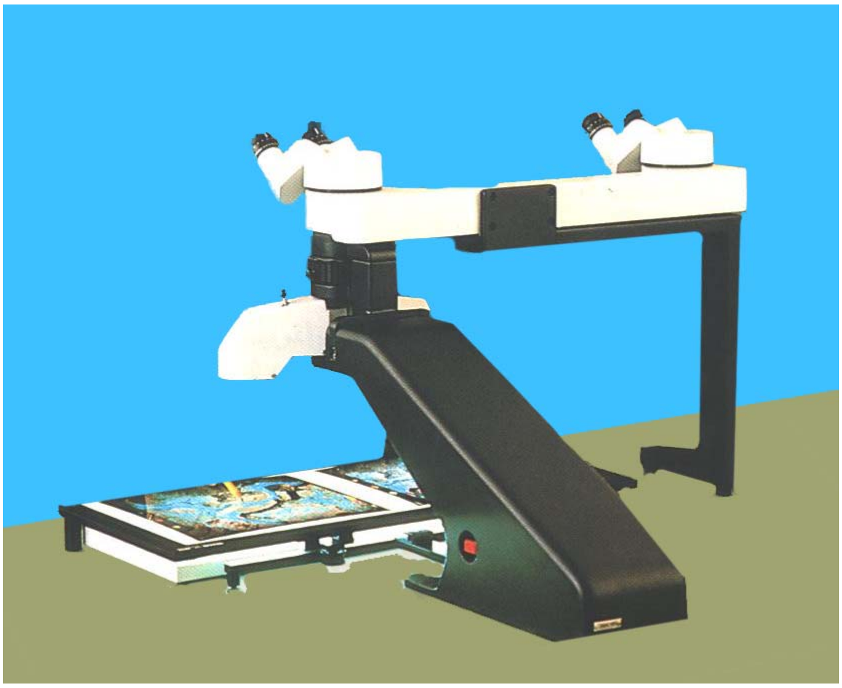


شكل (٥- ٥): مثال على نماذج الارتفاعات الأرضية.

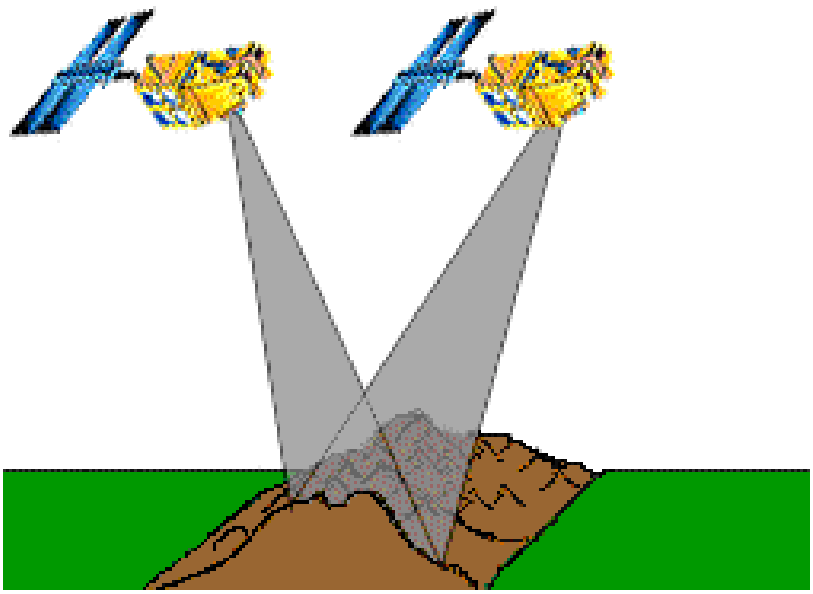
وهناك ثلاثة مصادر أساسية لتأمين معلومات نماذج الارتفاعات الأرضية وهي:

- **المسح الأرضي**: تم رفع تفاصيل و ارتفاعات النقاط المميزة على الطبيعة والتي من شأنها أن تمثل تضاريس المنطقة، وهي طريقة دقيقة جداً، حيث إن النقاط التي تم تعيين ارتفاعاتها حقلياً ستمثل واقع التضاريس في المنطقة،فالقياسات الحقلية توصلنا إلى دقة أفضل من دقة أية طريقة أخرى وهذا المسح يكون في وقتنا الحاضر بالأجهزة الحديثة مثل المحطة الشاملة، وتنقل المعلومات مباشرة إلى الحاسب، ولكن استخلاص معلومات الارتفاعات الأرضية بهذه الطريقة بطيء جداً ومكلف بالمقارنة مع الطرق الأخرى، ولا يمكن تطبيق هذه الطريقة إلا في مناطق محدودة السعة لتلبية بعض أغراض التخطيط فيها أو لإكمال عملية جمع البيانات في طرق المساحة التصورية مثل مناطق الغابات التي تكون غير مرئية على الصور الجوية.

- **المساحة التصورية**: إن أجهزة المساحة التصورية المستندة إلى الرؤية المجسمة للصور الجوية أو الصور الفضائية تسمح بإجراء القياسات اللازمة لتشكيل نماذج الارتفاعات الأرضية (شكل ٥- ٦)، ويتم ذلك باستخدام صورتين متداخلتين لنفس المنطقة باختلاف زاوية التصوير (شكل ٥- ٧)، وبذلك نتمكن من استخدام هذا النموذج لاستنتاج إحداثيات و ارتفاعات نقاط المنطقة، و طرق الاستشعار عن بعد تستخدم في تمثيل تضاريس مناطق واسعة قد تشمل أرجاء الدولة بكاملها، إذ يمكن الحصول على نماذج الارتفاعات العددية خلال زمن قصير نسبياً إذا قورن بالزمن اللازم للحصول على هذه النماذج بطرق المسح الأرضي، وتصبح أكثر اقتصادياً كلما ازدادت مساحة المنطقة،لذلك فإن الاعتماد على المساحة التصويرية لاستخلاص المعلومات أمر شائع جداً في جميع المشاريع الهندسية ذات المساحات الصغيرة نسبياً (مثل الطرق والسدود)، مع العلم بأن دقة الصور البعدية سواء أكانت صوراً جوية أم فضائية لها تأثير أساسي على دقة نماذج الارتفاعات الأرضية.



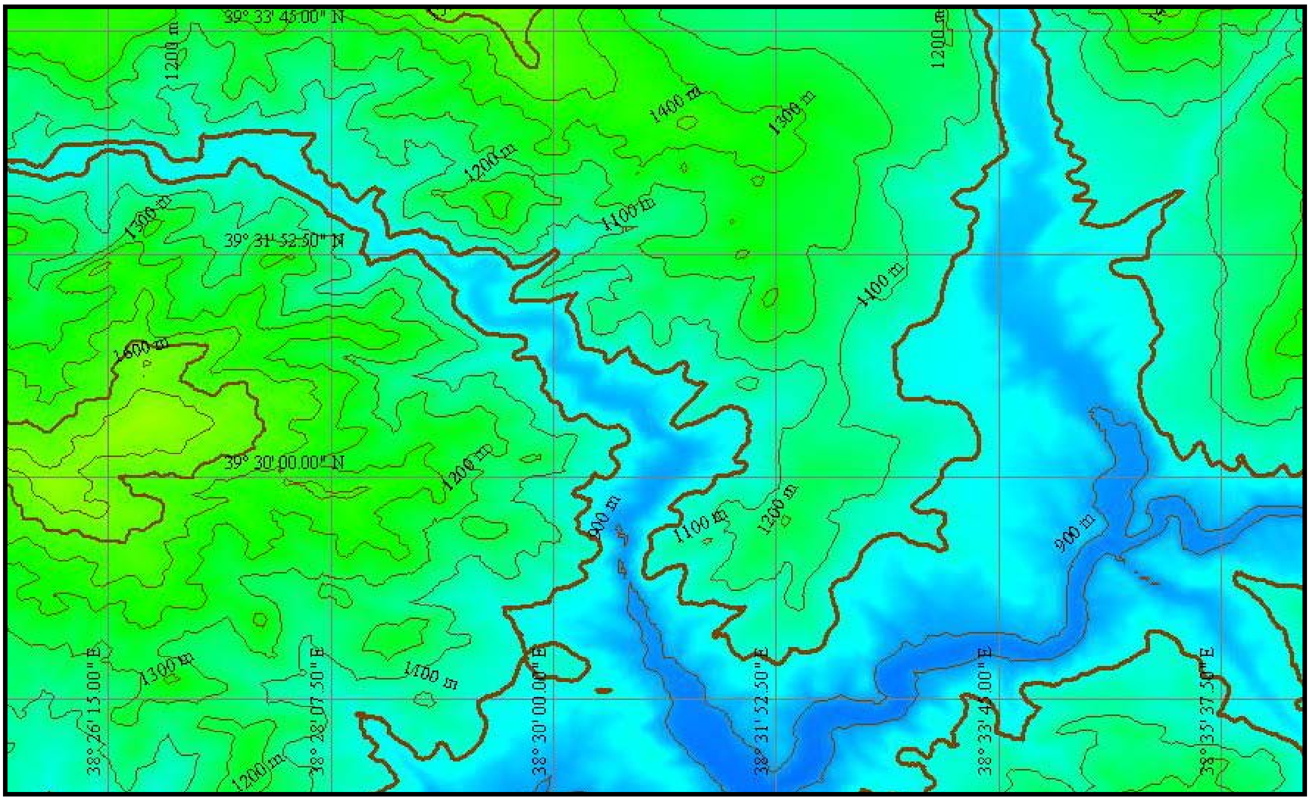
شكل (٥- ٦): جهاز الرؤية المجسمة لغرض التعليم.



شكل (٥- ٧): مبدأ الرؤية المجسمة، صورتان متداخلتان بزوايا مختلفة.

- **الخرائط الطبوغرافية:** ويمكن استخلاص نماذج الارتفاعات الأرضية من الخرائط الطبوغرافية وذلك بتحويل معلومات خطوط الكنتور (Contour Line)

بعملية الترقيم، وتسمى هذه الطريقة بالطريقة غير المباشرة لإنتاج نماذج ارتفاعات أرضية، ولقد أصبحت هذه الطريقة واسعة الانتشار وذلك بسبب توفر كمية كبيرة من الخرائط الطبوغرافية الورقية وبسبب الكلفة الكبيرة نسبياً لطرق المسح الأرضي والمساحة التصورية. ونتيجة التعميم في الخريطة وأخطاء الترقيم فإن إنتاج نماذج الارتفاعات الأرضية من الخرائط يكون ذا دقة محدودة (شكل ٥-٨).



شكل (٥- ٨): خطوط الكنتور بعد تحليلها إلى الصيغ الرقمية.

ولقد استخدمت نماذج الارتفاعات الأرضية في عدد من علوم الأرض، وأصبحت أحد المكونات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية، حيث اعتمد عليها يقوم الحاسب الآلي في أنظمة المعلومات الجغرافية باستنتاج عدد من المعلومات التي تفيد في دراسة المشاريع الهندسية واتخاذ القرارات الصحيحة، وبالاعتماد عليها أيضاً يمكن إظهار تضاريس منطقة ممثلة منحنيات مستوية، واستنتاج المقاطع الطولية والعرضية عند تصميم الطرق، كما تطبق طرقاً لحساب ارتفاعات النقاط في منطقة وحساب وإظهار ميول الأرض الطبيعية، كما يمكن إظهار البعد الثالث للمنطقة على شاشة الحاسوب باتباع طرق تظليل التضاريس، وتحليل الجريان السطحي، والرؤية المتبادلة وغيرها الكثير من تطبيقات نماذج الارتفاعات الأرضية.

كما أن هنالك مستويات مختلفة لنماذج الارتفاعات الأرضية، وهذه المستويات تعرف بالمسافة الفاصلة بين كل نقطة وأخرى في الاتجاهين (x, y)في نظام التوزيع الشبكي للنقاط جدول(٦- ٤).

جدول (٥- ٤): بعض المستويات في نماذج الارتفاعات الأرضية.

المستوى (Level)	المسافة بين النقاط		ملحوظات
	متر (m)	الثانية (Arc second)	
0	1000	30	وهي معلومات مجانية يمكن الحصول عليها من الإنترنت
1	100	3	وتعادل معلومات الخرائط الطبوغرافية ١:٢٥٠،٠٠٠
2	30	1	وتعادل معلومات الخرائط الطبوغرافية ١:٥٠،٠٠٠

٥- ٩ معايير تقييم مصادر المعلومات المكانية:

كما ذكرنا سابقاً في تصميم نظام المعلومات الجغرافي بأنه يجب اختيار المصادر المناسبة والحكم على نوعيتها ومدى ملاءمتها لأغراض نظام المعلومات الجغرافية المطلوب. ويجب أن تكون نوعية مصادر المعطيات المكانية مساوية على الأقل أو أفضل من نوعية المعطيات المطلوبة في نظام المعلومات الجغرافي الذي تستخدم فيه، و إلا فيجب رفض هذه المصادر والبحث عن مصادر أخرى تلبي احتياجات النظام بشكل أفضل، فمن الطبيعي مثلاً عدم الاعتماد على مخططات ورقية حيث الدقة المكانية للمعالم عليها ١ متر لإنشاء قاعدة بيانات مكانية لنظام معلومات جغرافي إذا كان الهدف منه تسجيل الملكيات ومعالجتها، إذ يتطلب هنا النظام دقة مكانية لا تقل عن ١٠ سنتيمتر. ونوجز فيما يلي أهم المعايير الواجب أخذها بعين الاعتبار حين تقيم مصادر المعطيات المكانية:

٥- ٩- ١ الدقة (Accuracy):

تتعلق دقة مواقع المعالم المكانية بالهدف من المشروع المحدد لنظم المعلومات الجغرافي، وبالنسبة للمصادر الورقية يحدد مقياس الرسم درجة الدقة المتوفرة في هذه المصادر، حيث إن الخطأ الموجود في أي خريطة ورقية يعادل ٠,١ مليمتر على مقياس الخريطة نفسها، بمعنى لو أن الخريطة ذات مقياس رسم ١:٢٥,٠٠٠ فإن الخطأ يكون ٢,٥متر.

مثال:

احسب الخطأ المتري الموجود على الخرائط التفصيلية ذات المقاسات التالية:-

(أ) خريطة تفصيلية ورقية ذات مقياس رسم ١:٢٥,٠٠٠

(ب) خريطة طبوغرافية ورقية ذات مقياس رسم ١:١٠٠,٠٠٠

الحل:

(أ) خريطة تفصيلية ورقية ذات مقياس رسم ١:١٠,٠٠٠يكون كالتالي:

١ ملم	(على الخريطة)	=١٠,٠٠٠	ملم	(على الأرض)
		=١٠	متر	(على الأرض)
٠,١ ملم	(على الخريطة)	=١,٠٠٠	ملم	(على الأرض)
		=١	متر	(على الأرض)

إذن الخطأ المتري لخريطة ورقية ذات مقياس رسم ١:١٠,٠٠٠ يساوي ١ متر

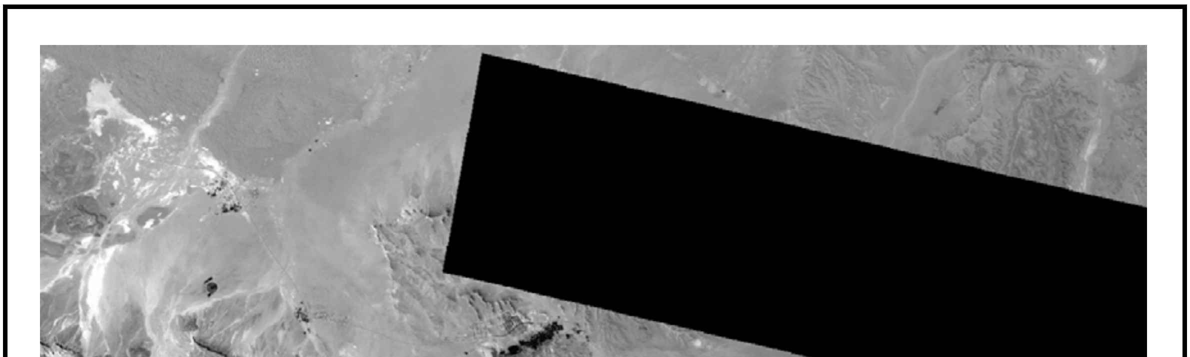
(ب) خريطة طبوغرافية ورقية ذات مقياس رسم ١:١٠٠,٠٠٠يكون كالتالي:

١ ملم	(على الخريطة)	=١٠٠,٠٠٠	ملم	(على الأرض)
		=١٠٠	متر	(على الأرض)
٠,١ ملم	(على الخريطة)	=١٠,٠٠٠	ملم	(على الأرض)
		=١٠	متر	(على الأرض)

إذن الخطأ المتري لخريطة ورقية ذات مقياس رسم ١:١٠٠,٠٠٠ يساوي ١٠ متر

٥- ٩- ٢ التغطية (Coverage).

تجب مقارنة المجال الجغرافي الذي تغطيه هذه المصادر مع الامتداد الجغرافي المطلوب لمشروع نظام المعلومات الجغرافي، إن عدم تغطية المصادر لكامل الامتداد المطلوب أو وجود فجوات قد يستدعي استكمال البيانات بالمسح الميداني مما يزيد من التكلفة العام للنظام، أو يتطلب الأمر الاعتماد على مصادر إضافية قد لا تكون متجانسة من حيث الدقة مع المصادر الأساسية، ويجب الانتباه لهذه النقطة في مرحلة تصميم النظام والبحث عن المصادر المتاحة لتجنب الدخول في توفير أو شراء معلومات قد تكون عديمة أو قليلة الفائدة لعدم تغطيتها لمنطقة المشروع ويعجز ربطها أو تجانسها مع المعلومات الأخرى. مثال ذلك استخدام الصور الفضائية، فلا بد من قراءة هذه الصور والتدقيق على محتويتها للتأكد أنها تغطي الامتداد الجغرافي لمنطقة المشروع (شكل ٥- ٩).



شكل (٥- ٩): مثال على الفجوات الموجودة في تغطية الصور الفضائية.

٥- ٩- ٣ كفاية المحتويات (Completeness):

يجب أن تحتوي مصادر المعلومات المكانية على كافة العناصر المطلوبة لمشروع نظام المعلومات الجغرافي، فمثلا إذا كان الهدف من نظام المعلومات الجغرافي الاهتمام بالطرق وصيانتها وتنظيم السير عليها فيجب ألا تكون هناك طرق قد أهملت على المخططات الورقية إذا ما أريد استخدام هذه المصادر لبناء قاعدة بيانات مكانية، وكذلك يجب أن تحتوي هذه المخططات على تسمية لكافة الطرق.

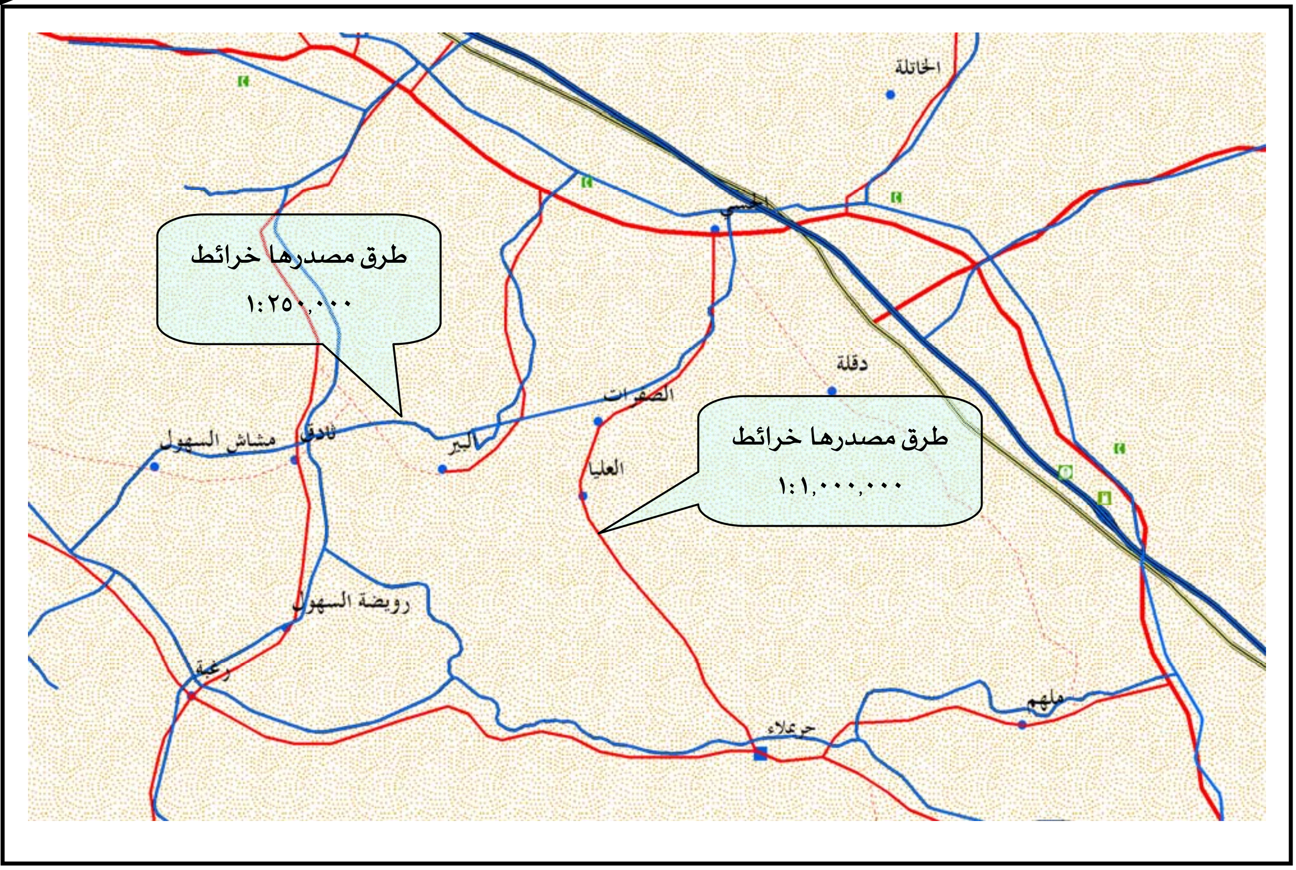
٥- ٩- ٤ الموثوقية (Reliability):

يجب التأكد من مدى مطابقة البيانات المكانية والوصفية مع الواقع الحقيقي، حيث إن المصادر المختلفة قد تحمل أخطاء كأخطاء التصنيف للطرق فطرق من الدرجة الثانية قد تكون ممثلة برمز لطريق من الدرجة الأولى، فالجهة المنتجة للمصادر ومدى مصداقيتها تلعب دوراً مهماً في تقييم صحة وموثوقية المصدر، كوزارة المواصلات تعد مصدراً موثوقاً لمعلومات الطرق وتصنيفاتها.

ويدخل ضمن عملية التحقق من موثوقية المصادر التأكد من أن هذه المصادر قد تم تحديثها ومطابقتها مع الواقع الموجود على الطبيعة، فمن المعلوم أن البيانات المكانية والوصفية هي معلومات ديناميكية تتغير مع الزمن. وأكثر ما يلاحظ ذلك في الخرائط الطبوغرافية الموجودة في المملكة حيث يصل عمر ها إلى أكثر من ١٠ سنوات.

٥- ٩- ٥ الملاءمة (Convenience):

إن مقياس الرسم في المصادر الورقية يلعب دوراً مهماً في هذا المعيار فكلما صغر مقياس الرسم للخريطة كان هنالك تعميم للمعلومات (Generalization) حين تمثل التفاصيل على الخريطة، إذ يهمل تمثيل هذه التفاصيل نتيجة صغر لأبعادها وصعوبة تمثيلها على الخريطة. كأن يتم إهمال بعض التعرجات والانحناءات في الطرق، ففي (شكل ٥- ١٠) نلاحظ أن الفرق في تعرجات الطرق واضح مع العلم أن الطرق ذات اللون الأحمر مصدرها خرائط ذات مقياس رسم ١:١،٠٠٠،٠٠٠ والطرق ذات اللون الأزرق من خرائط ذات مقياس رسم ١:٢٥٠،٠٠٠ ، فإذا كانت هذه التفاصيل ضرورية كمعطيات مكانية في مشروع نظام المعلومات الجغرافي، فإنه يجب اختيار خرائط ذات مقياس رسم أكبر تتضمن تعميماً أقل وتمثيلاً أدق لهذه التفاصيل.



شكل (٥- ١٠): مقياس الرسم ومدى تأثيره على دقة المعلومات.

٥- ٩- ٦ سهولة القراءة (Readability):

إن كثافة التفاصيل على المصادر المكانية تجعل قراءتها صعبة وتزيد من احتمال حدوث أخطاء في جمع البيانات المكانية بالاعتماد عليها. وتلعب طريقة الترميز والألوان المستخدمة دوراً مهماً في تسهيل قراءة المخطط أو الخريطة، وبشكل عام يجب أن يكون المصدر المعتمد واضحا وسهلاً للتعامل معه بالنسبة لمستخدم عادي، إذ غالباً ما يلجأ إلى أشخاص غير فنيين لاستخلاص المعلومات من هذه المصادر مثل عملية الترقيم نظراً لكون هذه العملية تحتاج إلى وقت طويل وعدد كبير من المستخدمين. لذا يجب اختيار المصادر سهلة القراءة والتفسير ومن المعلوم أن الخرائط أسهل قراءة من الصور الجوية والفضائية.

٥- ٩- ٧ جودة المصادر الورقية:

قد تكون المصادر الورقية من مخططات وخرائط قديمة و مهترئة نتيجة كثرة الاستخدام المتكرر لها أو قد تكون قد أصابها بعض التشوه نتيجة لأساليب النسخ وظروف التخزين وغيره. ولذلك يجب التحقق من الجودة المادية لهذه المصادر إلى حد ما، علما بأن هناك طرقاً لتخفيف هذه التشوهات على المعطيات المكانية المستنتجة من هذه المصادر. وذلك عند اعتماد الماسحات الضوئية أو طاولة الترقيم في تحويل الخريطة الورقية إلى معلومات رقمية، ففي هذه الحالة نعتمد مجموعة من النقاط ممثلة على الخريطة وإحداثياتها معلومة ومعتبرة صحيحة (مثل: نقاط تثليث، نقاط مضلعات، نقاط شبكة المربعات) ونسميها بنقاط التحكم (Control Points). فهذه النقاط معلومة الإحداثيات على الطبيعة (x, y) ويمكن قياس إحداثياتها المشوهة (x', y') على الخريطة (بعملية المسح الضوئي أو طاولة الترقيم) و باستخدام المعدلات الهندسية للتحويل يمكننا تحويل جميع الإحداثيات المشوهة (x', y') المقروءة من الخريطة وليست معروفة الإحداثيات في الطبيعة إلى إحداثيات (x, y) يمكننا اعتبارها إحداثيات مصححة إلى حد ما من تأثير التشوهات. والعلم بأنه كلما كانت هذه النقاط موزعة على جميع أجزاء الخريطة بطريقة متساوية ومنتظمة كلما كان ناتج التصحيح أفضل.

فهرس الأشكال

التسلسل	الوصف	الصفحة

التسلسل	الوصف	الصفحة
	الوحدة الرابعة - وظائف نظم المعلومات الجغرافية	

فهرس الجداول

المحتويات